СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 5, 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 – 21.05.2018
Дата выхода номера – 21.06.2018

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. 31,25
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2018/5
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА УСТАНОВЛЕНИЯ АДЕКВАТНОСТИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА СЕТЯХ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ
Ануфриев Д.П., Холодов А.Ю. 9

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНЦИИ УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО И ПРОДУКЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Аршинский В.Л., Аршинский Л.В., Доржсурэн Хишигсурэн 16

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМАЛИЗОВАННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ
Багдасарян Р.Х., Левченко В.И. 21

ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ МНОГОСЛОЙНОЙ МАССЫ ФОСФОРИТОВЫХ ОКАТЫШЕЙ ПО КРИТЕРИЮ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ
Бобков В.И. 25

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВИОНИКИ ВЕРТОЛЕТОВ
Бойко В.А., Петров Д.Ю., Резчиков А.Ф., Кушников В.А., Иващенко В.А., Богомолов А.С., Филлимонюк Л.Ю., Григоренко В.В. 30

ФОРМАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГРАНУЛЯРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ
Бутакова М.А., Климанская Е.В., Чернов А.В. 36

ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ С КРАНОВЫМИ НАГРУЗКАМИ
Гарькин И.Н., Гарькина И.А. 41

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ
Гендлина Ю.Б. 46

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ ГЕОКООРДИНАТ
Головков А.А., Иванова Г.С. 51

ПЕРЕПРОЕКТИРОВАНИЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПА СОВМЕЩЕННЫХ ОБМОТОК НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ КАК СРЕДСТВО УЛУЧШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ
Дуюнов Д.А., Дуюнов Е.Д., Теплова Я.О., Колдаев В.Д., Кошлич Ю.А. 56

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА СОВЕРШЕНСТВУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОМАНДНЫХ ПУНКТОВ
Жеребцов Е.А., Решетников Д.В., Тришункин В.В. 62

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ШЛАКОБЕТОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ
Завьялова Д.В. 67

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПЕРЕГОВОРНОГО УСТРОЙСТВА ПРИ УДАРНОМ ТОЧЕЧНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ
Земсков Ю.П., Пегина А.Н., Игуменова Т.И. 73

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПУТЕЙ СТРОИТЕЛЕЙ ХРАМОВОЙ ДОМОНГОЛЬСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ
Иванова С.М., Ильиченкова З.В., Боголюбова Ю.Д. 79

АНАЛИЗ ШИФРА «КУЗНЕЧИК» МЕТОДОМ СВЯЗАННЫХ КЛЮЧЕЙ
Ищукова Е.А., Красовский А.В., Половко И.Ю. 85

ВИСЯЧИЕ САДЫ ЛОНДОНА НАЧАЛА XX ВЕКА
Киреева Т.В. 91

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ ЭКЗАМЕНОВ ВУЗА
Клеванский Н.Н., Мавзовин В.С. 97

РАЗРАБОТКА СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ
Маркин Е.И., Подопригора И.А., Бершадская Е.Г. 103

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА ЖИЛОЙ СРЕДЫ ИЛИ ЖИЛАЯ СРЕДА КАК ЧАСТЬ ПРИРОДЫ
Мухнурова И.Г., Гринкруг Н.В. 108

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОЙ СИСТЕМЫ ЧАСТИЧНО КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ЛИНЕЙНЫЕ ПОЛИМЕРЫ – ЖИДКОСТЬ
Панов Ю.Т., Ермолаева Е.В., Чижова Л.А. 114

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ
Петухова Н.А., Гречишкина Я.А. 118

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ
Печеный Е.А., Аль-Хашеди А.А., Нуриев Н.К. 124

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА РЕДКИХ БЕЛЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПОРАХ ЗОЛЬ-СОДЕРЖАЩЕГО ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ
Потапов В.В., Ефименко Ю.В., Карабцов А.А., Горев Д.С. 131

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ИНЪЕКЦИОННОГО РАСТВОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ПО МАНЖЕТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ
Самохвалов М.А., Ашихмин О.В., Цернант А.А. 139

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ГЛИОМЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА, НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ МРТ- И КТ-ИЗОБРАЖЕНИЯ
Соловьева С.Н., Уросова В.С. 145

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РУКАВОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ
Тарбеев А.А., Павлов А.И. 158

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ 220 КВ С ЦЕЛЬЮ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РАСТВОРЁННЫХ ГАЗОВ, С ПОМОЩЬЮ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНОГО РЕГУЛЯТОРА
Тихонов В.А. 163

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Черников Б.В., Кремер Е.А. 168

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО С ДОБАВКАМИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КАУЧУКОВ
Шевченко В.А., Киселев В.П., Серватинский В.В., Терехова И.И., Кеменев Н.В. 173

Педагогические науки (13.00.00)

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВУЗОВ С УЧРЕЖДЕНИЯМИ КУЛЬТУРЫ КАК ФОРМА ДИВЕРСИФИКАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
Бабаева Е.В., Ганьшина Г.В., Заварина С.Ю., Муравьева Ж.В. 178

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ НА ГРУППОВЫХ ЗАНЯТИЯХ В КЛАССЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ГИТАРЫ
Гемаддиев А.И. *184*

ОБЩИЕ УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА МУЗЫКАЛЬНОГО ВОСПИТАНИЯ УМСТВЕННО ОТСТАЛЫХ ДЕТЕЙ
Евтушенко И.В., Воронкова В.В., Плаксин П.А. *189*

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПЕДАГОГОВ, РАБОТАЮЩИХ С УЧАЩИМИСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ
Ильина А.В. *194*

МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СПОРТСМЕНОВ КОМАНДНО-ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА
Козин В.В., Витман Д.Ю. *199*

ИЗ ОПЫТА ПРИВЛЕЧЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ IT-КОМПАНИЙ К ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗА
Кудрина Е.В., Огнева М.В. *204*

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ
Куркина Н.Р., Бурляева О.В., Стародубцева Л.В. *209*

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА НА ЗАНЯТИЯХ ПО ПРИКЛАДНОЙ КОМПОЗИЦИИ ПОСРЕДСТВОМ БУМАГОПЛАСТИКИ В ШКОЛЕ ИСКУССТВ
Полынская И.Н. *215*

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ГИРЕВИКОВ
Симень В.П. *220*

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ПЛАВАНИЮ И ПОДГОТОВКИ К ВФСК ГТО
Сироткин С.А., Сироткина О.А. *225*

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ МАГИСТРАНТОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОНЛАЙН-КУРСОВ
Федорова Л.А. *230*

СОДЕРЖАТЕЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ШКОЛ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ
Хаялеева А.Д., Гилемханов И.Р., Гайсин Р.И. *235*

ОСНОВНЫЕ ПУТИ РАБОТЫ С ОБЩЕУПОТРЕБИТЕЛЬНОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ЛЕКСИКОЙ НА ЗАНЯТИЯХ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫХ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ
Чевела О.В., Федотова С.И. *240*

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ УМЕНИЙ СТУДЕНТОК-ВОЛЕЙБОЛИСТОК ПРИ ИГРЕ В НАПАДЕНИИ
Эртман Ю.Н., Гераськин А.А., Аверьянов И.В. *245*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

DESCRIPTION OF THE PROCESS OF INSTALLING ADEQUACY OF IMITATION MODELS BASED ON MASS SERVICE NETWORKS
Anufriev D.P., Kholodov A.Yu. 9

QUALITY ASSESSMENT THE OPERATION OF THE ULAN-BATOR RAILWAYS STATION ON THE BASIS OF THE ONTOLOGICAL AND RULE-BASED MODELING
Arshinskiy V.L., Arshinskiy L.V., Dorzhsuren Khishigsuren 16

METHODOLOGY FOR THE FORMALIZED PRESENTATION OF THE ALGORITHMS OF CONTROL OF CYCLIC PROCESSES
Bagdasaryan R.Kh., Levchenko V.I. 21

OPTIMIZATION OF CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL PROCESS OF DRYING IN STEADY CONDITIONS OF MULTILAYER MASS OF PHOSPHOROUS PELLETS BY CRITERION OF ENERGY EFFICIENCY
Bobkov V.I. 25

PREDICTION OF SOFTWARE CHARACTERISTICS AT THE DESIGNING OF HELICOPTERS INTEGRATED AVIONICS
Boyko V.A., Petrov D.Yu., Rezchikov A.F., Kushnikov V.A., Ivaschenko V.A., Bogomolov A.S., Fillimonyuk L.Yu., Grigorenko V.V. 30

FORMAL STRUCTURES AND REPRESENTATIONS FOR GRANULAR COMPUTING
Butakova M.A., Klimanskaya E.V., Chernov A.V. 36

EXPERTISE OF INDUSTRIAL SAFETY: CRANE LOAD BUILDINGS
Garkin I.N., Garkina I.A. 41

FEATURES OF CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT AT A CHEMICAL ENTERPRISE
Gendlina Yu.B. 46

METHOD FOR EVALUATING EFFICIENCY OF GEODATA FILTERING
Golovkov A.A., Ivanova G.S. 51

INDUCTION MOTORS REDESIGN USING THE COMBINED WINDINGS PRINCIPLE BASED ON COMPUTER MODELS STUDY AS A MEANS OF IMPROVING THE ENERGY-EFFICIENCY AND PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF ELECTRIC DRIVES
Duyunov D.A., Duyunov E.D., Teplova Ya.O., Koldaev V.D., Koshlich Yu.A. 56

METHOD OF FORMING A RATIONAL PART OF IMPROVING ELEMENTS OF SPECIAL TECHNICAL SYSTEMS OF COMMAND POSTS
Zherebtsov E.A., Reshetnikov D.V., Trishunkin V.V. 62

STUDY OF THE RATIONAL COMPOSITION OF FINE-GRAINED SLAG CONCRETE FOR THE PRODUCTION OF PRODUCTS BY THE METHOD OF FORMWORK MOLDING
Zavyalova D.V. 67

METHODICAL ASPECTS OF ESTIMATION OF CAPACITY OF VOICE DEVICE AT SHOCK POINT INFLUENCE
Zemskov Yu.P., Pegina A.N., Igumenova T.I. 73

THE DETERMINATION OF MIGRATION WAYS OF THE TEMPLE PRE-MONGOL ARCHITECTURE BUILDERS
Ivanova S.M., Ilichenkova Z.V., Bogolyubova Yu.D. 79

ANALYSIS OF THE CIPHER KUZNECHIK BY THE RELATED KEYS METHOD
Ischukova E.A., Krasovskiy A.V., Polovko I.Yu. 85

HANGING GARDENS OF LONDON IN THE BEGINNING XX THE CENTURY
Kireeva T.V. 91

HIGH SCHOOL EXAM TIMETABLING PROBLEM
Klevanskiy N.N., Mavzovin V.S. 97

DEVELOPMENT OF A CONVENTIONAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION OF MANUSCRIPT SYMBOLS
Markin E.I., Podoprigora I.A., Bershadskaya E.G. 103

ENVIRONMENTAL ARCHITECTURE, LIVING ENVIRONMENT OR LIVING ENVIRONMENT, AS PART OF NATURE
Mukhnurova I.G., Grinkrug N.V. 108

FEATURES OF PHASE SYSTEM SEMICRYSTALLINE LINEAR POLIMERS-LIQUID
Panov Yu.T., Ermolaeva E.V., Chizhova L.A. 114

ESTIMATION OF THE STABILITY OF THE PROCESS OF PRODUCTION OF CONSTRUCTION PRODUCTS
Petukhova N.A., Grechishkina Ya.A. 118

MATHEMATICAL MODEL OF DYNAMIC CLUSTERIZATION IN OBJECT-RECOGNITION TASKS
Pechenyy E.A., Alkhashedi A.A., Nuriev N.K. 124

RESEARCH OF RARE WHITE INCLUSIONS COMPOSITION IN PORES OF CEMENT STONE WITH ADDITION OF SOL
Potapov V.V., Efimenko Yu.V., Karabtsov A.A., Gorev D.S. 131

DETERMINATION OF GROUT MIX COMPOSITION TO INCREASE THE QUALITY OF GROUND IMPROVEMENT FOR TUBE-A-MANCHETTE GROUTING
Samokhvalov M.A., Ashikhmin O.V., Tsernant A.A. 139

DEVELOPMENT OF THE MODEL OF AUTOMATIC DETERMINATION OF THE BORDERS OF THE GLIOMA OF THE BRAIN, BASED ON THE COMPLEX METHOD OF PROCESSING MRI AND CT IMAGES
Soloveva S.N., Urosova V.S. 145

METHODOLOGY OF DETERMINING RESIDUAL RESOURCES HIGH PRESSURE HOSES
Tarbeev A.A., Pavlov A.I. 158

INVESTIGATION OF 220 KV TRANSFORMERS WITH THE PURPOSE OF CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS OF SOLUBLE GASES, BY USING THE KNOWLEDGE OF EXPERT REGULATOR KNOWLEDGE
Tikhonov V.A. 163

ANALYSIS OF TEXT DOCUMENTS INFORMATION AT ENTERPRISES OF MICROELECTRONIC INDUSTRY
Chernikov B.V., Kremer E.A. 168

THE BITUMEN BENDING PROPERTIES STUDY WITH THE ADDITIVES OF LOW-MOLECULAR RUBBER
Shevchenko V.A., Kiselev V.P., Servatinskiy V.V., Terekhova I.I., Kemenev N.V. 173

Pedagogical sciences (13.00.00)

INTERACTION OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS WITH INSTITUTIONS OF CULTURE AS A FORM OF HIGHER EDUCATION DIVERSIFICATION
Babaeva E.V., Ganshina G.V., Zavarina S.Yu. Myraveva Zh.V. 178

ORGANIZATION OF THE INDEPENDENT WORK OF STUDENTS AT GROUP CLASSES IN THE CLASSICAL GUITAR'S CLASS
Gemaddiev A.I. 184

GENERAL CONDITIONS OF THE EFFECTIVENESS OF MUSIC EDUCATION OF MENTALLY RETARDED CHILDREN
Evtushenko I.V., Voronkova V.V., Plaksin P.A. 189

PROFESSIONAL COMPETENCIES' DEVELOPMENT MANAGEMENT OF THE TEACHERS WORKING WITH STUDENTS WITH DISABILITIES
Ilina A.V. 194

METHODS OF AUGMENTED REALITY IN THE TACTICAL AND TECHNICAL TRAINING ATHLETES OF TEAM-SPORT GAMES
Kozin V.V., Vitman D.Yu. 199

OF EXPERIENCE ATTRACTING IT COMPANIES TO THE ORGANIZATION OF RESEARCH ACTIVITY OF STUDENTS
Kudrina E.V., Ogneva M.V. 204

STUDY OF STRATEGIC MANAGEMENT SYSTEM IN EDUCATIONAL ORGANIZATION
Kurkina N.R., Burlyaeva O.V., Starodubtseva L.V. 209

THE FORMATION OF THE PLASTIC REPRESENTATIONS OF THE ARTISTIC IMAGE IN THE CLASSROOM APPLICATION OF THE COMPOSITION THROUGH BUMAGODELATEL IN THE SCHOOL OF ARTS
Polynskaya I.N. 215

FORMATION OF PRE-CONTEST PSYCHOLOGICAL READINESS AT SKILLED KETTLEBELL-LIFTERS
Simen V.P. 220

ANALYSIS OF DECISIVE FACTORS FOR SWIMMING TRAINING PROGRAM AND LEAD-UP FOR VFSK GTO
Sirotkin S.A., Sirotkina O.A. 225

DEVELOPMENT OF SIMULATORS FOR FORMATION OF COMPETENCES OF GRADUATES IN THE IMPLEMENTATION OF ONLINE COURSES
Fedorova L.A. 230

CONTENT-METHODICAL ASPECTS OF FORMATION OF ECONOMIC-GEOGRAPHICAL COMPETENCE OF TRAINING SCHOOLS AT LESSONS OF GEOGRAPHY
Khayaleeva A.D., Gilemkhanov I.R., Gaysin R.I. 235

BASIC WAYS OF WORK WITH CURRENT AND SPECIAL WORDS ON LESSONS ON RUSSIAN AS FOREIGN AT EDUCATING FOREIGN MILITARY PERSONNEL
Chevela O.V., Fedotova S.I. 240

WAYS OF IMPROVEMENT OF TACTICAL AND TECHNICAL ABILITIES OF STUDENTS-VOLLEYBALL PLAYERS AT THE GAME IN ATTACK
Ertman Yu.N., Geraskin A.A., Averyanov I.V. 245

УДК 519.216.2

ОПИСАНИЕ ПРОЦЕССА УСТАНОВЛЕНИЯ АДЕКВАТНОСТИ ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ, ОСНОВАННЫХ НА СЕТЯХ МАССОВОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Ануфриев Д.П., Холодов А.Ю.

ГАОУ АО ВО «Астраханский государственный архитектурно-строительный университет», Астрахань, e-mail: adp_2000@mail.ru

Настоящая статья посвящена обоснованию применения сетей массового обслуживания (СеМО) для имитационного моделирования как гетерархической организационной структуры системы, так и иерархической. Показано, что даже при очень сложной топологии сети массового обслуживания она (сеть) состоит из фаз, которыми являются системы массового обслуживания (СМО) (причем как с очередями, так и с отказами). Разработаны и описаны имитационные модели СМО с отказами одноканальной и двухканальной (параллельное соединение) систем, причем на основе двухканальной системы массового обслуживания был определен подход (посредством введения в рассмотрение пользовательской функции) управляющей распределением входящего потока между обслуживающими каналами, что позволяет осуществить разработку имитационных моделей СМО при параллельном соединении любого множества каналов. Проведены имитационные эксперименты, и полученные результаты были сравнены с существующими аналитическими расчетами стационарных вероятностей физических состояний СМО при простейшем входящем потоке и экспоненциально распределенными интервалами обслуживания в каналах (получаемые в результате решения системы Колмогорова), установлено их соответствие. На основании данного факта сделан вывод об адекватности как систем массового обслуживания, так и сетей массового обслуживания.

Ключевые слова: имитационное моделирование, мультиагентные модели, сети массового обслуживания, дискретно-событийный подход, агентный подход

DESCRIPTION OF THE PROCESS OF INSTALLING ADEQUACY OF IMITATION MODELS BASED ON MASS SERVICE NETWORKS

Anufriev D.P., Kholodov A.Yu.

Astrakhan State University Architecture and Civil Engineering, Astrakhan, e-mail: adp_2000@mail.ru

This article is devoted to the substantiation of the application of queuing networks for simulation modeling as a heterarchic organizational structure of the system and hierarchical. It is shown that even with a very complex topology of the queuing network, it (the network) consists of phases, which are queuing systems with both queues and failures). Simulation models of the queuing system with single channel and two-channel (parallel connection) failures were developed and described, and based on the two-channel queuing system, an approach (by introducing the user function) to the managing distribution of the incoming flow between the serving channels was determined, models of queuing systems with parallel connection of any set of channels. Simulation experiments were performed and the results obtained were compared with the existing analytical calculations of steady-state probabilities of the physical states of queuing systems for the simplest incoming flow and exponentially distributed service intervals in the channels (obtained as a result of solving the Kolmogorov system) and their correspondence was established. On the basis of this fact, a conclusion has been made about the adequacy of both queuing systems and queuing networks.

Keywords: simulation modeling, multi-agent models, queuing networks, discrete-event approach, agent approach

В настоящее время прослеживается определенный исследовательский интерес к различным организационным структурам. В связи с этим активно развивается процесс моделирования, в том числе математического, как иерархических, так и гетерархических организационных структур. А именно для математического моделирования важнейшим моментом является процесс установления адекватности разработанной модели [1, 2]. То есть процесс установления адекватности однозначно отвечает на важнейший вопрос моделирования: соответствует ли разработанная математическая модель реальным (жизненным) процессам [3]. Кроме того, организационные структуры берут свое начало из природы, в частности гетерархия – это естественная и, соответственно, устойчивая организационная структура. Вследствие этого факта иерархия (особенно имеющая сложную структуру) должна рассматриваться с позиций искусственной организационной структуры, так как она является полной противоположностью гетерархии [4]. Изначально исследованием и описанием организационных структур занимались социологи, потому как в жизни эти системы присущи социальным группам, но постепенно происходит процесс переноса организационных структур на социально-экономические системы [5], и уже на данном этапе активно подключаются математики, которые, что естественно, по-своему осмысливают возникшую ситуацию, формулируют задачу и ставят вопросы, на которые хотят получить строгие ответы. Один из самых первых

и, соответственно, наиважнейший вопрос, что будет являться неделимой и элементарной сущностью системы, в пределах которой действует любая организационная структура. В частности, для социальных групп такой сущностью, совершенно естественно будет являться человек, с позиций индивидуума. В принципе этот подход будет справедливым и для малых социально-экономических систем. Но если в качестве системы в рассмотрение вводится, например, региональный строительный кластер, а это уже достаточно большая социально-экономическая система, то уже в этом случае в качестве единичной сущности авторами предложено определять компании, относящиеся к этому кластеру. В качестве таких компаний (фирм) рассматриваются: инвесторы (девелоперы), застройщики, подрядчики, организации изыскателей и проектировщиков, фирмы – производители строительных материалов, и т.д. Именно эти организации и рассматриваются с позиций элементарных сущностей, составляющих региональный строительный кластер, причем необходимо отметить тот факт, что некоторые сущности могут входить в другие региональные кластеры, в частности это, например, относится к инвесторам.

В дальнейшем, для простоты изложения, будем называть сущности систем агентами, тем самым подводя читателей к идее выбора имитационного моделирования, которое является частью (важной) математического моделирования.

Постановка задачи

Введем в рассмотрение простейшую систему, где уже может возникнуть организационная структура, состоящую из двух агентов: агента_1 и агента_2. В течение жизни данной системы между агентами могут возникать связи и это в данном случае вероятностный процесс. Причем в первом случае агент_1 выступает инициатором возникшей связи, а во втором случае инициатором является агент_2. Естественно, связи возникают, некоторое время держатся и распадаются, причем они абсолютно несимметричны во времени даже у простейшей системы [6, 7]. Но уже в том случае появляется возможность смоделировать данные процессы с помощью систем массового обслуживания (СМО), причем в первом случае входящий поток будет ассоциироваться с агентом_1, а во втором случае – с агентом_2. Тут необходимо сделать небольшое отступление и обратиться к понятию системы массового обслуживания. Вообще говоря, это совершенно искусственная и абстрактная структура, которая функционирует по определенным правилам (дисциплинам прохождения заявок). Для любой СМО без очереди справедливым является тот факт, что входящая заявка либо мгновенно поступает на обслуживание (в случае одноканальной СМО), либо мгновенно получает отказ в обслуживании (если канал занят) и покидает систему (открытая СМО). Причем в нашем выборе простейшей системы речь может пойти, о СМО как с отказами, так и с очередями [8, 9]. Но именно использование СМО с очередями позволяет имитировать процесс установившихся связей между агентами. Кроме того, СМО случайность процесса как стохастичностью интервалов поступления, так и времени обслуживания в каналах. Таким образом, гетерархическую организационную структуру, а именно она была описана выше на простейшей системе, можно смоделировать посредством децентрализованного подхода к двум СМО с очередями.

В случае системы с тремя агентами (агент_1, агент_2 и агент_3) по сути появляется некая суперпозиция СМО, так как возникают цепочки связей где выходящий поток заявок из одной СМО неким образом добавляется к входящему потоку следующей СМО, а это уже говорит об использовании сетей массового обслуживания (СеМО) [10]. И кроме того уже появляются двухканальные СМО. Таким образом, можно сделать обобщенный вывод, что для моделирования гетерархической организационной структуры для системы из N агентов достаточно смоделировать многофазную СеМО где фазами будут являться СМО с очередями и с $N - 1$ каналами.

Теперь можно подходить к процессу установления адекватности разработанных СеМО. Любая СеМО состоит из фаз, имеющих последовательные или параллельные соединения, причем каждая фаза представляет собой СМО, в данном случае это система с ограниченным количеством мест в очередях. Таким образом, процесс установления адекватности разработанных СеМО сводится к установлению СМО, в нее входящих. Здесь необходимо сделать еще одно отступление и сделать анализ СМО с отказами. Эти системы также могут участвовать в качестве фаз при моделировании СеМО, описывающих гетерархическую организационную структуру в группе агентов, с некоторым допущением, а именно, любая заявка, получившая обслуживание в СМО, должна ставиться в соответствие с неким временным интервалом, например, если рассматривать его (интервал) как случайную величину, то зависящею от математического ожидания, и так же имеющую некий закон распределения. В этом случае моделируемая связь может быть в течении временного интервала устойчивой и размыкаться.

В рассмотрение вводятся два типа СМО с отказами: одноканальная и двухканальная. Для таких СМО, если удовлетворяют системам *M*/*M*/1 и *M*/*M*/2 (простейший входящий поток и экспоненциальный закон распределения обслуживающих устройств), то существует возможность аналитического расчета для функциональных характеристик, и именно данный факт будет являться основанием для установления адекватности разработанных СМО и СеМО. Все СМО разработаны в среде AnyLogic 8.2.3 с использованием библиотеки моделирования процессов (дискретно-событийный подход).

СМО с отказами и одним каналом обслуживания

На рис. 1 представлена блок-схема одноканальной СМО с отказами и основные свойства объектов, составляющих имитационную модель одноканальной СМО. Блок-схема включает в себя: объект Source (имитирует входящий поток), объект SelectOutput, объект Delay (имитирует канал обслуживания) и два объекта Sink и Sink1 (имитируют выходящий поток).

Здесь необходимо сделать некоторое отступление и рассмотреть процессы, возникающие в строительном кластере при гетерархической организационной структуре. Естественно, что работа всех компаний, входящих в данный кластер связана со строительством. Представим, что некий девелопер решил возвести жилой дом. Он связывается с компанией которая занимается изыскательскими работами, и данная фирма представляет для него канал обслуживания (Delay). По окончании изыскательских работ девелопер обращается к компании-проектировщику, тем самым открывая еще один канал (Delay), но с позиций СМО это будет одноканальная система, так как канал с застройщиком отработан и закрыт. При этом сам девелопер будет ассоциироваться с объектом Source – генератором заявок и т.д.

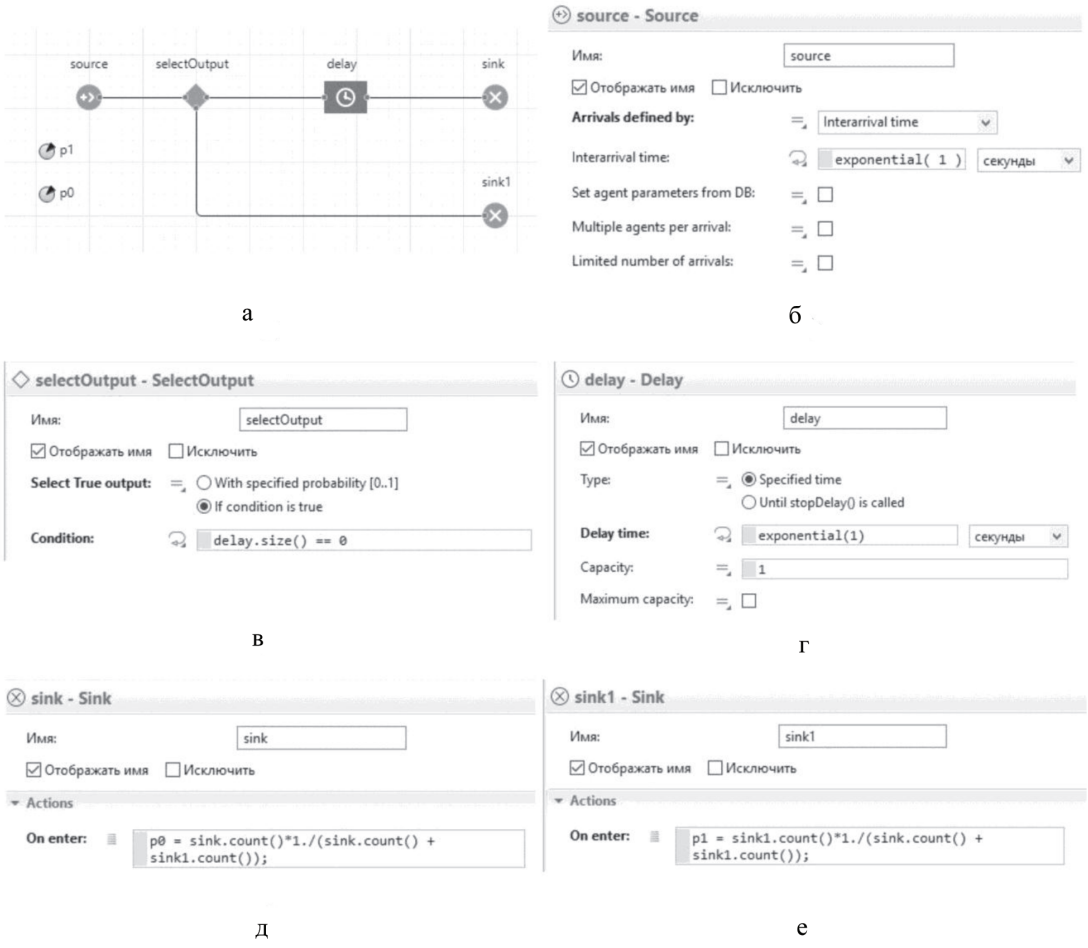


Рис. 1. а) блок-схема одноканальной СМО с отказами; б) основные свойства объекта Source; в) основные свойства объекта SelectOutput; г) основные свойства объекта Delay; д) основные свойства объекта Sink; е) основные свойства объекта Sink1

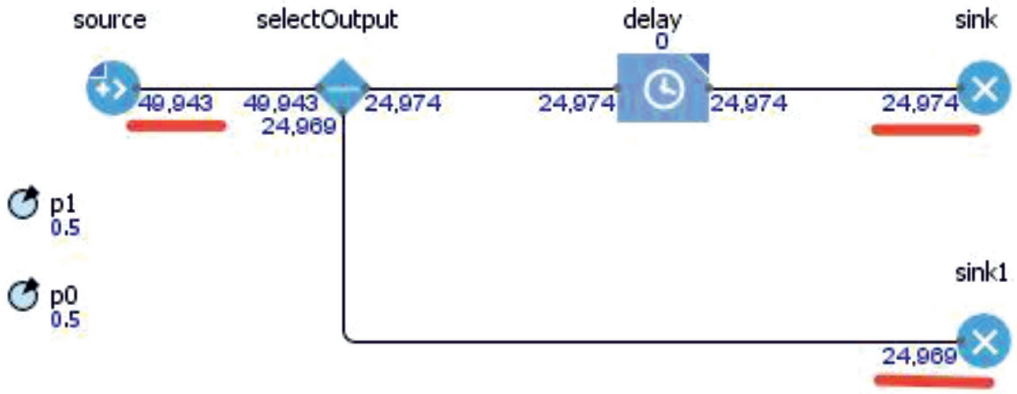


Рис. 2. Визуализация имитационного эксперимента одноканальной СМО

Кроме того, в модели определены две переменные p0 и p1. Они предназначены для хранения информации о вероятностях состояний системы. P0 – стационарная вероятность такого события, что поступившая в СМО заявка обнаруживает канал обслуживания свободным и мгновенно поступает на обслуживание. P1 – стационарная вероятность такого события, что поступившая в СМО заявка обнаруживает канал обслуживания занятым, мгновенно получает отказ и покидает систему.

Кроме того, для одноканальной СМО с отказами известны аналитические формулы [2], описывающие вероятности стационарного состояния системы. В частности, вероятность того что канал свободен,

$$p_0 = \frac{\mu}{\lambda + \mu},$$

где λ – частота плотности экспоненциального закона распределения простейшего входящего потока, μ – частота плотности экспоненциального закона распределения интервалов обслуживания.

Вероятность того что канал занят,

$$p_1 = \frac{\lambda}{\lambda + \mu}.$$

При запуске имитационной модели в обозначенной выше системе, существует возможность визуализации процесса прохождения заявок через объекты модели.

Видно (рис. 2), что в эксперименте было сгенерировано 49943 заявки, из них 24974 было обслужено в блоке Delay и поступило в бункер Sink, а остальные 24976 заявок поступили в систему с занятым каналом – получили отказ и поступили в объект-бункер Sink1. В имитационной модели $\lambda = \mu = 1$ и, соответственно, $p_0 = p_1 = 1/2$, что абсолютно соответствует данным, рассчитанным в ходе имитационного эксперимента и хранящимися в переменных P0 и P1, которые равны 0,5.

СМО с отказами и двумя параллельными каналами обслуживания

На рис. 3 представлена блок-схема двухканальной СМО с отказами и основные свойства объектов, составляющих имитационную модель системы. Блок-схема включает в себя: объект Source (имитирует входящий поток), два объекта SelectOutput и SelectOutput1, два объекта Delay и Delay1 (имитируют каналы обслуживания) и три объекта Sink, Sink1 и Sink2 (имитируют выходящий поток). Кроме того, в модели определены шесть переменных P0, P1, P2, P_otk, P_obs и P_obs1. Они предназначены для хранения информации о системе и в частности: P0 – стационарная вероятность такого события, что поступившая в СМО заявка обнаруживает каналы обслуживания свободными и мгновенно поступает на обслуживание любой канал (выбор канала осуществляется по равномерному закону распределения); P1 – стационарная вероятность такого события, что поступившая в СМО заявка обнаруживает один канал обслуживания занятым и мгновенно переходит на обслуживание в другой канал (естественно свободный) и P2 – стационарная вероятность такого события, что поступившая в СМО заявка обнаруживает оба канала обслуживания занятыми и мгновенно получает отказ и покидает систему. Переменная P_obs собирает информацию о количестве заявок, прошедших через канал, имитируемый объектом Delay. Переменная P_obs1 со-

бирает информацию о количестве заявок, прошедших через канал имитируемый объектом Delay1. Переменная P_otk собирает информацию о количестве заявок, прошедших через False-порт объекта SelectOutput1. Необходимо обратить внимание на пользовательскую функцию FDistr(), присутствующую в блок-схеме. Данная функция используется для случайного выбора одного из каналов с использованием равномерного закона распределения (ситуация, когда все обслуживающие каналы свободны, а надо выбрать какой-то один). Ниже представлен программный код тела пользовательской функции FDistr() (язык программирования java).

Рис. 3. а) блок-схема двухканальной СМО с отказами; б) основные свойства объекта Source; в) основные свойства объекта SelectOutput; г) основные свойства объекта Delay; д) основные свойства объекта Sink

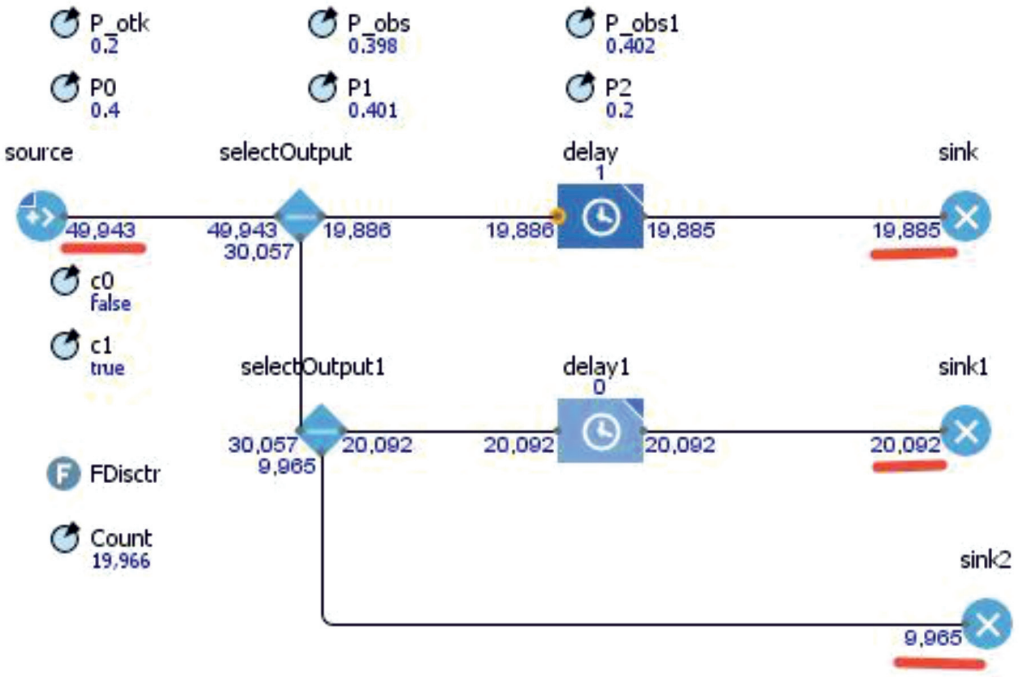


Рис. 4. Визуализация имитационного эксперимента двухканальной СМО

Листинг функции FDistr()

```
if ((delay.size() == 0)&&(delay1.size() == 0)) {
 int I_1 = uniform_discr(0,1);
 Count++;
 if (I_1 == 0){
 c0 = true;}
 else {
 c0 = false;
 c1 = true;}}
 else {
 c0 = delay.size() == 0;
 c1 = delay1.size() == 0;}
```

Для объекта SelectOutput1 в поле условия используется переменная булевского типа c1.

Свойства объекта Delay1 совпадают с объектом Delay.

Свойства объектов Sink1 и Sink2 совпадают с объектом Sink.

Для двухканальной СМО с отказами известны аналитические формулы, описывающие вероятности стационарного состояния системы. В частности, стационарные вероятности равны

$$p_0 = \left(\sum_{k=0}^{2} \alpha_k \right)^{-1},$$

где $\alpha_k = \frac{(\lambda/\mu)^k}{k!}$, $k = 0, 1, 2$, λ – частота плотности экспоненциального закона распределения простейшего входящего потока, μ – частота плотности экспоненциального закона распределения интервалов обслуживания.

При запуске имитационной модели в обозначенной выше системе существует возможность визуализации процесса прохождения заявок через объекты модели (рис. 4).

Видно, что в эксперименте было сгенерировано 49943 заявки, из них 19885 было обслужено в блоке Delay и поступило в бункер Sink, 20092 заявок было обслужено в блоке Delay1 и поступило в бункер Sink1 и 9965 заявок поступило в систему с занятыми каналами – получили отказ и поступили в объект-бункер Sink2. В имитационной модели $\lambda = \mu = 1$ и, соответственно, $p_0 = 0{,}4$, $p_1 = 0{,}4$ и $p_2 = 0{,}2$, что абсолютно соответствует данным, рассчитанным в ходе имитационного эксперимента и хранящимся в переменных P0, P1 и P2.

Кроме того, из результатов имитационного эксперимента видно, что нагрузка на каналы распределилась пропорционально частотам обслуживания в каналах, а так и должно быть, чему мы получили экспериментальное подтверждение.

Выводы

В данной работе было обоснованно применение СеМО для имитационного

моделирования как гетерархической организационной структуры системы, так и иерархической. Показано, что даже при очень сложной топологии СеМО она (сеть) состоит из фаз, которыми являются СМО (причем как с очередями, так и с отказами). Разработаны и описаны имитационные модели СМО с отказами одноканальной и двухканальной систем. Проведены имитационные эксперименты и полученные результаты были сравнены с существующими аналитическими расчетами стационарных вероятностей физических состояний (система Колмогорова), установлено их соответствие. И на основании данного факта сделан вывод об адекватности как СМО, так и СеМО.

Список литературы

1. Ануфриев Д.П., Холодов А.Ю. Мультиагентная имитационная модель регионального строительного кластера как гетерархической системы // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12. Вып. 12 (111). – С. 1415–1423.

2. Шеннон Р.Е. Имитационное моделирование систем: наука и искусство / Р.Е. Шеннон. – М: Мир, 1978. – 420 с.

3. Саати Т. Элементы теории массового обслуживания и ее приложения / Т. Саати. – М.: Сов. радио, 1970. – 377 с.

4. Моисеев А.Н. Разработка объектно-ориентированной модели системы имитационного моделирования процессов массового обслуживания / А.Н. Моисеев, М.В. Синяков // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. – 2010. – № 1. – С. 89–93.

5. Мещеряков Р.В. Применение параллельных вычислений в имитационном моделировании сетей массового обслуживания. / Р.В. Мещеряков, А.Н. Моисеев, А.Ю. Демин, В.А. Дорофеев, С.А. Матвеев // Известия Томского политехнического университета. Инжиниринг георесурсов. – 2014. – Т. 325, № 5. – С. 99–109.

6. Назаров А.А. Исследования СМО с повторным обращением и неограниченным числом обслуживающих приборов методом предельной декомпозиции / А.А. Назаров, С.П. Моисеева, А.С. Морозова // Вычислительные технологии. – 2008. – Т. 13, № 5. – С. 88–92.

7. Борщ В.В. Анализ методов моделирования и многоуровневая декомпозиция вложенных процессов в сетях массового обслуживания / В.В. Борщ, М.В. Приходько, С.Н. Сатышев // Приборы и системы. Управление, контроль, диагностика. – 2013. – № 11. – С. 26–32.

8. Гаевой С.В. Оценка вероятности обслуживания заявки в СМО путем имитационного моделирования / С.В. Гаевой // Перспективы развития информационных технологий. – 2013. – № 11. – С. 13–18.

9. Шимановская М.В. Модель СМО с неоднородными заявками и абсолютным приоритетом обслуживания / М.В. Шимановская // Вестник Пермского университета. Серия: Математика. Механика. Информатика. – 2013. – № 4. – С. 103–107.

10. Perumalla K.S. Discrete-event execution alternatives on general purpose graphical processing units (gpgpus). P ADS ’06: Proceedings of the 20th Workshop on Principles of Advanced and Distributed Simulation, IEEE Computer Society, Washington, DC. – 2006. – P. 74–81.

УДК 004.89:625.1(517.3-25)

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ СТАНЦИИ УЛАН-БАТОРСКОЙ ЖЕЛЕЗНОЙ ДОРОГИ НА ОСНОВЕ ОНТОЛОГИЧЕСКОГО И ПРОДУКЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

[1]Аршинский В.Л., [2]Аршинский Л.В., [3]Доржсурэн Хишигсурэн

[1]ФГБОУ ВО «Иркутский научно-исследовательский технический университет», Иркутск, e-mail: arshinskyv@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Иркутский государственный университет путей сообщения», Иркутск, e-mail: larsh@mail.ru;

[3]Транспортный институт, Улан-Батор, e-mail: khishigsurenkhishgee238@gmail.com

В работе на примере станции Улан-Баторской железной дороги обсуждается один из возможных подходов к агрегированному оцениванию качества функционирования производственных систем. В основе лежит описание станции с помощью онтологий с последующим переходом к нечеткой продукционной базе знаний и расчетом агрегата в ходе присоединенного логического вывода. Продукции имеют вид «Если Не-С, то Не-С`»: если не функционирует компонент С, то не функционирует непосредственно зависящий от него компонент С`. Нечеткость выражается в том, что продукции и их антецеденты имеют истинность, выраженную числом из интервала [0, 1]. Для задания значений истинности предлагается пользоваться лингвистическими оценками с переводом их в числовые значения из интервала [0, 1]. Расчет выполняется с использованием технологии экспертных систем. Обсуждаются способы выставления первоначальных оценок функциональным элементам, вопросы задания ценностей компонентов и выбора агрегирующей функции. Достоинством предлагаемого подхода является гибкая настройка алгоритма расчета агрегированных оценок в случае изменений в структуре предприятия. Учет структурных изменений можно сделать редактированием базы знаний. Также в рамках подхода естественным образом вводится понятие ключевых компонентов, утрата которых влечёт нефункционирование системы в целом.

Ключевые слова: агрегированное оценивание, онтология, продукционная база знаний, нечеткий вывод, производственно-экономическая система, экспертная система

QUALITY ASSESSMENT THE OPERATION OF THE ULAN-BATOR RAILWAYS STATION ON THE BASIS OF THE ONTOLOGICAL AND RULE-BASED MODELING

[1]Arshinskiy V.L., [2]Arshinskiy L.V., [3]Dorzhsuren Khishigsuren

[1]Irkutsk National Researching Technical University, Irkutsk, e-mail: arshinskyv@mail.ru;

[2]Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: larsh@mail.ru;

[3]Transport Institute, Ulaanbaatar, e-mail: khishigsurend@mail.ru

In the work on the example of Ulan-Bator railway station one of possible approaches to the aggregated estimation of quality of functioning of production systems is discussed. The basis is the description of the station using ontologies, followed by the transition to a fuzzy production knowledge base and the calculation of the unit during the attached logical inference. Products have the form «if Not-C, then Not-C»: if the component C does not function, then the component C that directly depends on it does not function. Fuzziness is expressed in the fact that the products and their antecedents have the intensity expressed by the number from the interval [0, 1]. To set the values of truth, it is suggested to use linguistic estimates with their translation into numerical values from the interval [0, 1]. The calculation is performed using the technology of expert systems. The methods of initial evaluation of functional elements, the questions of setting the values of components and the choice of the aggregation function are discussed. The advantage of the proposed approach is the flexible configuration of the algorithm for calculating aggregated estimates in the event of changes in the structure of the enterprise. Accounting for structural changes can be done by editing the knowledge base. Also, the concept of key components, the loss of which leads to the loss of the system as a whole, is introduced naturally within the framework of the approach.

Keywords: aggregated estimation, ontology, production knowledge base, fuzzy inference, production and economic system, expert system

Оценка качества функционирования объекта управления – важная составляющая успешного управления [1–4]. Практика выработала различные подходы к этому. Распространенным приемом является оценка по экономическим показателям – объему выпуска продукции, производительности труда, себестоимости, рентабельности и т.п. Эти показатели отражают совокупный результат предприятия, но, к сожалению, не позволяют оценить эффективность отдельных служб и подразделений.

Другим подходом могло бы стать точное количественное моделирование деятельности предприятия как системы с учетом вкладов всех составляющих и отношений системы. Однако это выглядит достаточно утопичным. Предметная область здесь явно плохоформализованная, включает множество различных, в том числе неочевидных количественных и качественных зависимостей, и построение подобной модели вряд ли возможно.

Еще один подход, основанный на технологии экспертных систем (ЭС) и использующий

знаниевое моделирование, представлен в [5, 6]. В его основе лежит описание предприятия как производственной системы с помощью онтологии, с необходимой степенью подробности формализующей отношения между компонентами, с последующим преобразованием онтологии в продукционную базу знаний (БЗ), содержащую нечеткие продукции. Это позволяет на смешанном – количественно-качественном уровне описать предприятие. Качественность здесь – это огрубленное описание взаимовлияний по схеме «Если…, то…». Количественность – представление «силы» этих влияний числом из отрезка [0, 1]. Искомые показатели (агрегированные оценки деятельности предприятия и его отдельных подразделений) вычисляются в ходе нечеткого присоединенного вывода на продукционной БЗ. Сразу заметим, что агрегат здесь отражает не натуральные, а условные показатели деятельности предприятия или организации. Они основаны на экспертных оценках значимости отдельных подразделений и работников для служб и подразделений верхнего уровня (производственную систему рассматриваем как иерархическую), а также на аудиторском оценивании состояния исполнительных звеньев – низовых (функциональных) элементов иерархии.

В работе исследуются некоторые особенности применения этого подхода к анализу деятельности железнодорожных станций Улан-Баторской железной дороги (УБЖД). В качестве объекта берется станция II класса УБЖД – Амгалан.

Онтологическое моделирование

Онтологическое моделирование, представление ситуации с помощью онтологий и когнитивных карт – одно из активно развивающихся направлений в описании сложных предметных областей (см. напр. [7, 8]). В основу онтологической модели станции положена её структура и отношение подчиненности внутри станции [9]. Так как станции Амгалан подчиняются 10 меньших станций, онтология должна учитывать и их, а также их внутреннюю структуру. Онтологическая модель станции Амгалан представлена на рис. 1. Каждая из представленных на рис. 1 станций имеет свою внутреннюю структуру и также может представляться онтологической моделью. На рис. 2 показана онтологическая модель станций 4 класса Хонхор и Цагаан-Хяр. Онтологические модели станций 5 класса (Баян, Бумбат, Туул и пр.) отличаются только отсутствием элемента «Уборщицы».

На модели представлено два типа отношений – «руководит» и «включает». Это обусловлено тем, что качество функционирования станции зависит от действий структурных составляющих – служб и подразделений, а также действий соответствующих руководителей. В данном случае – это начальник станции, дежурный и т.п.

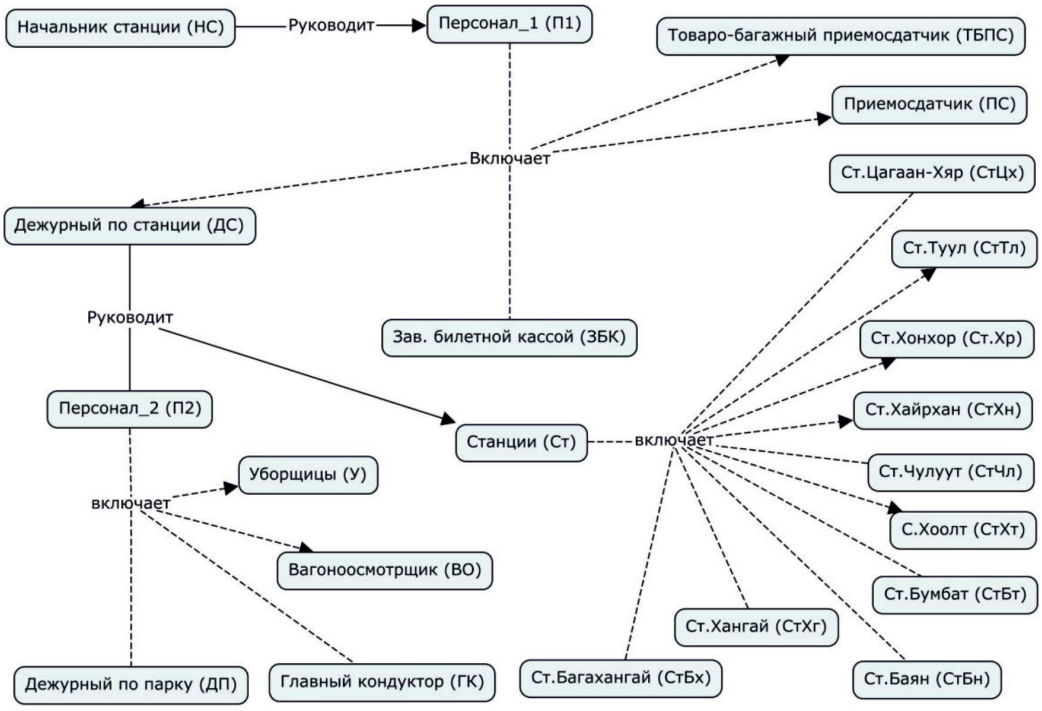


Рис. 1. Онтологическая модель станции Амгалан

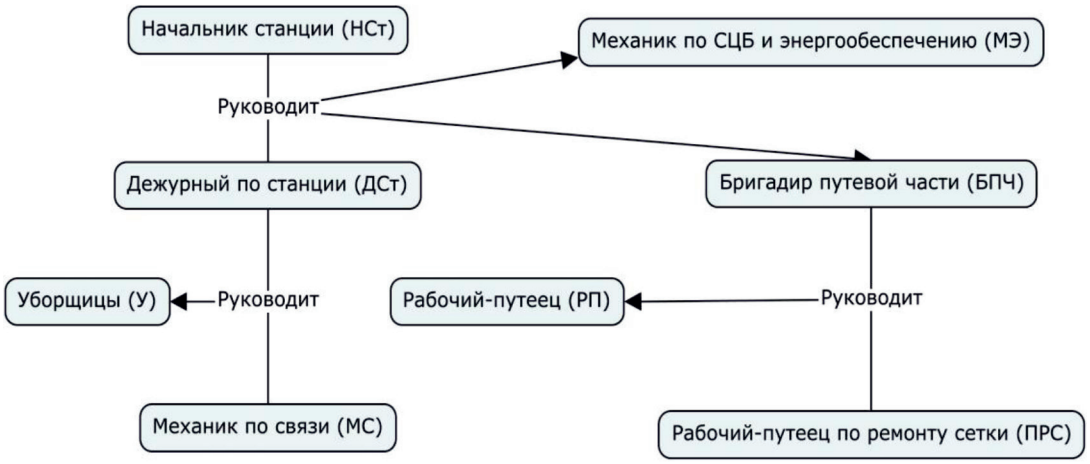


Рис. 2. Онтологическая модель станций 4 класса

Продукционное моделирование

В основу продукционной модели положены результаты работы [5]. В них онтологические отношения представлены нечеткими продукциями вида: «Если Не-C_i, то Не-C`», которые означают, что нефункциональность компонента $C$` определяется нефункциональностью иерархически подчиненного компонента C_i. Нечеткость (истинность продукции) выражается числом из интервала [0, 1], показывающим насколько утрата C_i снизит функциональность C`. Эту величину называем ценностью $C_i$ для $C$`. Например, для компонента «Дежурный по станции» (ДС) подчиненными будут компоненты «Персонал_2» (П2) и «Станции» (Ст). Для компонента Ст – компоненты СтХт, СтХн, СтБн и т.п. Каждый из последних компонентов отождествляем с начальником соответствующей станции, который отвечает за неё.

Ценности можно задавать экспертно. Например, вводя систему оценок: ценность «нулевая» (утрата C_i не сказывается на C`), «Очень малая» (утрата $C_i$ практически не влияет на $C$`), «Малая» (утрата C_i слабо влияет на C`) и так далее вплоть до «Ключевая» (прекращение функционирования $C_i$ влечет прекращение функционирования $C$`). Если цену выставить затруднительно, можно действовать по принципу безразличия, задав ее равной 0.5. Каждое лингвистическое значение преобразуется в число из интервала [0, 1]: 0, 0,1, 0,3, …, 1, которое участвует в последующем оценивании. Количество продукций отвечает числу связей в онтологической модели.

Построение агрегированной оценки

Агрегированная оценка получается в ходе присоединенного логического вывода по правилу

$$\neg c_i, \neg c_i \to \neg c` \vdash \neg c`: \|\neg c`\|_i = \|\neg c_i\| \times \|\neg c_i \to \neg c`\|. \quad (1)$$

Где c_i и c`, соответственно, утверждения «Компонент $C_i$ функционирует нормально» и «Компонент $C$` функционирует нормально»; ¬ – символ отрицания. Величина $\|\neg c_i \to \neg c`\|$ есть ценность компонента $C_i$ для $C$`, как говорилось выше. Через двоеточие указана схема расчета истинности заключения на основе истинностей посылок (присоединенный вывод).

Необходимой частью вывода является процедура объединения свидетельств [10], которая в общем виде выглядит как

$$\|\neg c`\| = U(\|\neg c`\|_1, \|\neg c`\|_2).$$

Здесь $\|\neg c`\|_1$ и $\|\neg c`\|_2$ – частные вклады в истинность $\|\neg c`\|$, обусловленные ущербами функционирования $C_1$ и $C_2$ соответственно; $U(\|\neg c`\|_1, \|\neg c`\|_2)$ – функция (закон) агрегирования, например – так называемая *t*-конорма, известная в нечеткой математике и применяемая для формализации дизъюнкции [11].

Вывод, как расчет агрегированной оценки, следует начинать с выставления аудиторских оценок исполнительным звеньям. Как и ценности, оценки можно выставлять в лингвистической форме с переводом в числовую. Например, вводя такие лингвистические значения:

– «превосходно» (числовое значение 1);
– «очень хорошо» (0,95);
– «хорошо» (0,85);
– «удовлетворительно» (0,7);
– «плохо» (0,45);
– «очень плохо» (0,15);
– «0» (0) – исполнительное звено не функционирует полностью.

Это коррелирует с принципами оцифровки лингвистических оценок в образовании.

В привычном 4-балльном оценивании {«отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «плохо»} оценки «превосходно» и «очень хорошо» соответствуют оценке «отлично», а оценки «плохо», «очень плохо» и »0», – оценке «плохо».

Отдельный вопрос – выбор функции объединения $U(||\neg c`||_1, ||\neg c`||_2)$. Практикой накоплено немалое число способов агрегирования. Наиболее востребованными из них являются различные средние. В первую очередь – арифметическое среднее. Однако такое агрегирование не позволяет ввести понятие ключевого компонента, утрата которого ведет к утрате непосредственно зависящего от него компонента верхнего уровня иерархии [5]. В то же время очевидно, что подобные компоненты могут являться частью любой достаточно сложной системы. Для их учета в [5] рекомендуется пользоваться функциями – *t*-конормами. Примерами таких норм выступают известные выражения: $x + y - xy$, $\min(x, y)$, $\max(1, x + y)$. Существуют и другие [11]. В данном случае представляется целесообразным пользоваться функцией

$$U(||\neg c`||_1, ||\neg c`||_2) = min(||\neg c`||_1, ||\neg c`||_2).$$

Это означает, что общий ущерб функциональности компонента $C`$ будет определяться наихудшей из его составляющих (в данном случае компонентами C_1 и C_2) с учетом их ценности. Это может определенным образом стимулировать руководство станции (а в более широком контексте – производственной системы) к внимательному отношению ко всем её составляющим.

Следует отметить и то, что подобное агрегирование означает использование «закона наименьших» – одного из основных законов существования многих естественных и социальных систем [12].

Пример. Для примера рассмотрим какую-либо из подчиненных станций 5 класса. Предположим, что ценности выглядят так:

$||\neg$ДСт $\rightarrow \neg$НСт$|| = 1$;
$||\neg$П $\rightarrow \neg$НСт$|| = 0{,}5$;
$||\neg$МС $\rightarrow \neg$ДСт$|| = 0{,}7$;
$||\neg$П $\rightarrow \neg$ДСт$|| = 1$;
$||\neg$МЭ $\rightarrow \neg$П$|| = 0{,}8$;
$||\neg$БПЧ $\rightarrow \neg$П$|| = 0{,}8$;
$||\neg$ПРС $\rightarrow \neg$БПЧ$|| = 0{,}7$;
$||\neg$РП $\rightarrow \neg$БПЧ$|| = 1$.

Здесь 1 означает, что соответствующий компонент является ключевым. Например, для $||\neg$ДСт $\rightarrow \neg$НСт$|| = 1$ это означает, что невыполнение дежурным по станции своих должностных обязанностей означает невыполнение должностных обязанностей начальником станции.

Отметим, что хотя согласно онтологии дежурный по станции и её начальник руководят персоналом совместно, влияние дежурного больше, так как он отвечает за оперативное обеспечение перевозочного процесса.

Пусть далее, аудиторская оценка показателей работы исполнительных звеньев РП (рабочий-путеец), ПРС (рабочий-путеец по ремонту сетки), МЭ (механик по СЦБ и энергообеспечению) и МС (механик по связи) дала значения 0,9, 0,9, 0,8, 0,9 соответственно. Расчет согласно (1) дает следующие значения:

$||\neg$БПЧ$||_1 = ||\neg$РП$||\times||\neg$РП $\rightarrow \neg$БПЧ$|| = (1-0{,}9)\times 1 = 0{,}1$;
$||\neg$БПЧ$||_2 = ||\neg$ПРС$||\times||\neg$ПРС $\rightarrow \neg$БПЧ$|| = (1-0{,}9)\times 0{,}7 = 0{,}07$.

Объединение по формуле (2) с использованием t-конормы max(…) приводит к результату:

$||\neg$БПЧ$|| = \max(||\neg$БПЧ$||_1, ||\neg$БПЧ$||_2) = \max(0.1, 0.07) = 0.1$.

Аналогично и в остальных случаях:

$||\neg$П$||_1 = ||\neg$БПЧ$||\times||\neg$БПЧ $\rightarrow \neg$П$|| = 0{,}1\times 0{,}8 = 0{,}08$;
$||\neg$П$||_2 = ||\neg$МЭ$||\times||\neg$МЭ $\rightarrow \neg$П$|| = (1-0{,}8)\times 0{,}8 = 0{,}16$;
$||\neg$П$|| = \max(0{,}08, 0{,}16) = 0{,}16$;
$||\neg$ДСт$||_1 = ||\neg$П$||\times||\neg$П $\rightarrow \neg$ДСт$|| = 0{,}16\times 1 = 0{,}16$;
$||\neg$ДСт$||_2 = ||\neg$МС$||\times||\neg$МС $\rightarrow \neg$ДСт$|| = (1-0{,}8)\times 0{,}7 = 0{,}14$;
$||\neg$ДСт$|| = \max(0{,}16, 0{,}14) = 0{,}16$;
$||\neg$НСт$||_1 = ||\neg$П$||\times||\neg$П $\rightarrow \neg$НСт$|| = 0{,}16\times 0{,}5 = 0{,}08$;
$||\neg$НСт$||_2 = ||\neg$ДСт$||\times||\neg$ДСт $\rightarrow \neg$НСт$|| = 0{,}16\times 1 = 0{,}16$;
$||\neg$НСт$|| = \max(0{,}08, 0{,}16) = 0{,}16$;

Принимая во внимание, что

$||c|| + ||\neg c|| = 1$;

получаем

$||$НСт$|| = 1 - ||\neg$НСт$|| = 0{,}84$.

Если переходить к 7-балльной оценке, например, согласно правилу:

– «превосходно» – интервал [1, 1];
– «отлично» (0,9, 1);
– «хорошо» (0,7, 0,9];
– «удовлетворительно» (0,45, 0,7];
– «плохо» (0,15, 0,45];
– «очень плохо» (0, 0,15];
– «0» [0, 0];

получается оценка «хорошо». Как уже говорилось, для реализации таких процедур следует использовать продукционную экспертную систему. Тогда расчет выглядит как вывод в подобной системе.

Заключение

В работе на примере станции Улан-Баторской железной дороги обсуждается один из возможных подходов к агрегированному оцениванию качества функционирования производственных систем. В основе лежит описание станции с помощью онтологий с последующим переходом к нечеткой продукционной базе знаний и расчетом агрегата в ходе присоединенного логического вывода. Расчет выполняется с использованием технологии экспертных систем. Он начинается с выставления первоначальных оценок функциональным элементам (исполнительным звеньям) производственной системы и завершается оценкой системы в целом, которая выглядит как степень истинности высказывания «Система *S* функционирует нормально» по шкале [0, 1]. При необходимости оценка может быть переведена в лингвистическую.

Обсуждаются способы выставления первоначальных оценок функциональным элементам, вопросы задания ценностей компонентов и выбора агрегирующей функции.

Дополнительным удобством служит то, что в случае изменения структуры производственной системы и взглядов на значимость (ценность) отдельных компонентов нет необходимости изменять соответствующее программное обеспечение. Достаточно только отредактировать базу знаний.

Список литературы

1. Носков С.И., Протопопов В.А. Оценка уровня уязвимости объектов транспортной инфраструктуры: формализованный подход // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2011. – № 4. – С. 241–244.

2. Туккель И.А., Яшин С.Н., Макаров С.А., Кошелев Е.В. Разработка и принятие решения в управлении инновациями. – СПб.: БХВ Петербург, 2011. – 352 с.

3. Баранов Ю.Г. Методы принятия управленческих решений. – Псков: ПГУ, 2013. – 176 с.

4. Алексеев А.О., Спирина В.С., Коргин Н.А. Технология управления объектом коммерческой недвижимости с учетом потребительских предпочтений // Управление большими системами: сборник трудов. – М.: ИПУ РАН, 2016. – Вып. 62. – С. 124–168.

5. Аршинский Л.В. Логико-аксиологический подход к оценке состояния систем // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2013. – № 3(39). – С. 140–146.

6. Аршинский Л.В. Методика агрегированного оценивания систем с поддержкой ключевых компонентов // Онтология проектирования. – 2015. – № 2(16). – С. 233–245. DOI: 10.18287/2223-9537-2015-5-2-223-232.

7. Смирнов С.В. Онтологическое моделирование в ситуационном управлении // Онтология проектирования. – 2012. – № 2(4). – С. 16–24.

8. Массель Л.В., Ворожцова Т.Н., Макагонова Н.Н. Методологические аспекты ситуационного управления на основе системы онтологий // Информационные и математические технологии в науке и управлении / Труды XX Байкальской Всероссийской конференции «Информационные и математические технологии в науке и управлении». Часть III. – Иркутск: ИСЭМ СО РАН, 2015. – 261 с.

9. Аршинский Л.В., Доржсурэн Х. Разработка системы агрегированной оценки производственной безопасности на предприятии на основе знаниевых технологий // Транспортная инфраструктура Сибирского региона. – 2017. – Т. 1. – С. 401–405.

10. Хачатрян А.Р. Анализ классических методов объединения свидетельств в экспертных системах // Изв. АН СССР. Техн. кибернетика. – 1987. – № 5. – С. 67–73.

11. Нечеткие множества в моделях управления и искусственного интеллекта / Под ред. Д.А. Поспелова. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1986. – 312 с.

12. Богданов А.А. Очерки организационной науки. Самара, Государственное издательство, 1921. URL: http://ruslit.traumlibrary.net/page/bogdanov-ocherki-org.html (дата обращения: 01.02.2018).

УДК 004.021

МЕТОДОЛОГИЯ ФОРМАЛИЗОВАННОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ АЛГОРИТМОВ УПРАВЛЕНИЯ ЦИКЛИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ

Багдасарян Р.Х., Левченко В.И.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар, e-mail: rafael_555@mail.ru, dad_14@mail.ru

В статье рассмотрены особенности построения систем управления дискретными процессами, в том числе и циклическими, на основе применения позиционной стандартной структурной организации. Дано описание языка циклических процессов (ЯЦП), рассмотрены особенности составления алгоритмов управления средствами ЯЦП и перехода от формализованного описания к структуре управляющего устройства. Объектом управления является некий агрегат, предназначенный для реализации технологического процесса, оснащенный необходимыми исполнительными механизмами и датчиками. Сам объект управления и технологический процесс являются дискретными, соответственно, исполнительные механизмы и датчики также работают в дискретном режиме. Циклический режим функционирования объекта управления предполагает повторение определенной последовательности ряда технологических операций. Переход от одной операции к другой осуществляется либо по сигналам от технологических датчиков и/или органов ручного управления, либо по истечении определенного времени с начала предшествующей операции, в общем случае – при истинности некоторого заранее определенного логического условия. В системах управления циклическими процессами существуют два основных режима работы: циклический и наладочный, различие между которыми заключается в способе формирования условия перехода от одной операции к другой.

Ключевые слова: алгоритм, управление, методология, циклические процессы, формула управления, формализованное описание

METHODOLOGY FOR THE FORMALIZED PRESENTATION OF THE ALGORITHMS OF CONTROL OF CYCLIC PROCESSES

Bagdasaryan R.Kh., Levchenko V.I.

Kuban State Technological University, Krasnodar, e-mail: rafael_555@mail.ru, dad_14@mail.ru

In the article features of construction of control systems of discrete processes, including cyclic ones, based on the application of the positional standard structural organization are considered. The description of the language of cyclic processes (LCP) is given, features of compiling algorithms for controlling the LCP facilities and transition from the formalized description to the structure of the control device are considered. The object of control is a certain unit, intended for the implementation of the technological process, equipped with the necessary actuators and sensors. The object of control and the technological process are discrete, respectively, the actuators and sensors also operate in a discrete mode. The cyclic mode of operation of the control object involves the repetition of a certain sequence of a number of technological operations. Transition from one operation to another is carried out either by signals from process sensors and / or manual controls, or after a certain time from the beginning of the previous operation, in general – with the truth of some predetermined logical condition. In cyclic process control systems, there are two main operating modes: cyclic and commissioning, the difference between which lies in the way the transition condition is formed from one operation to another.

Keywords: algorithm, management, methodology, cyclic processes, control formula, formal description

Под системой автоматического управления обычно понимают совокупность объекта управления (ОУ) и управляющего устройства (УУ) с учетом всех существующих между ними связей, а также между данной системой и внешними по отношению к ней объектами. Объектом управления, как правило, является некий агрегат, предназначенный для реализации технологического процесса, оснащенный необходимыми исполнительными механизмами и датчиками. Управление такими объектами в настоящее время осуществляется с помощью программируемых логических контроллеров (ПЛК) или программируемых реле (ПР), в связи с чем актуальной является задача эффективной разработки соответствующих программ для них.

Циклический режим функционирования ОУ предполагает повторение определенной последовательности ряда технологических операций. Переход в циклическом процессе от одной операции к другой осуществляется либо по сигналам от технологических датчиков и/или органов ручного управления, либо по истечении определенного времени с начала предшествующей операции, в общем случае – в случае истинности некоторого заранее определенного логического условия.

Синтез системы управления циклическим процессом предусматривает последовательное решение трех основных задач:

1) проектирование ОУ – выбор и установка исполнительных механизмов и датчиков;

2) разбиение объекта на подобъекты и описание условий работы каждого подобъекта в заданном циклическом процессе с учетом взаимных связей между подобъектами;

3) построение для каждого подобъекта структуры управляющих устройств: устройство управления циклическим процессом и устройство управления наладочным процессом.

Описание условий работы ОУ должно, с одной стороны, быть формализованным и тем самым допускать применение регулярных методов синтеза дискретных управляющих устройств, с другой стороны, иметь достаточную наглядность и удобство использования. Как показывает опыт, применение для этих целей классических методов описания условий работы дискретных устройств – таблиц включений и таблиц переходов – связано с чрезвычайно трудоемкой процедурой и практически нецелесообразно. Использование же стандартной структурной организации управляющих устройств, реализуемой из типовых функциональных блоков с регулярными связями между ними, обусловливает и применение специальных способов описания условий работы, ориентированных на стандартную структурную организацию, что выгодно отличается от классической теории автоматов [1, 2].

Описание, которое в этом случае называют структурно-ориентированным, составляют таким образом, чтобы определенные языковые конструкции (части описания) однозначно соответствовали функциональным блокам стандартной структуры и связям между ними. Это предельно упрощает переход от описания условий работы к структуре управляющего устройства. Разумеется, при этом может производиться и оптимизация каких-либо структурных характеристик, однако только в рамках заданной структурной организации.

Цель исследования

Целью работы является выявление особенностей синтеза управляющих устройств для управления дискретными процессами.

Синтез управляющего устройства по позиционной стандартной структурной организации [3] удобно проводить по схеме, показанной на рисунке.

Устройство управления состоит из трех основных блоков: блока условий переходов БУ, блока индикации операций БИО и блока выходов БВ.

Блок условий БУ преобразует набор входных сигналов:

{α} – внешние входные сигналы, набор которых определяет реализуемую программу и сохраняется неизменным при ее выполнении;

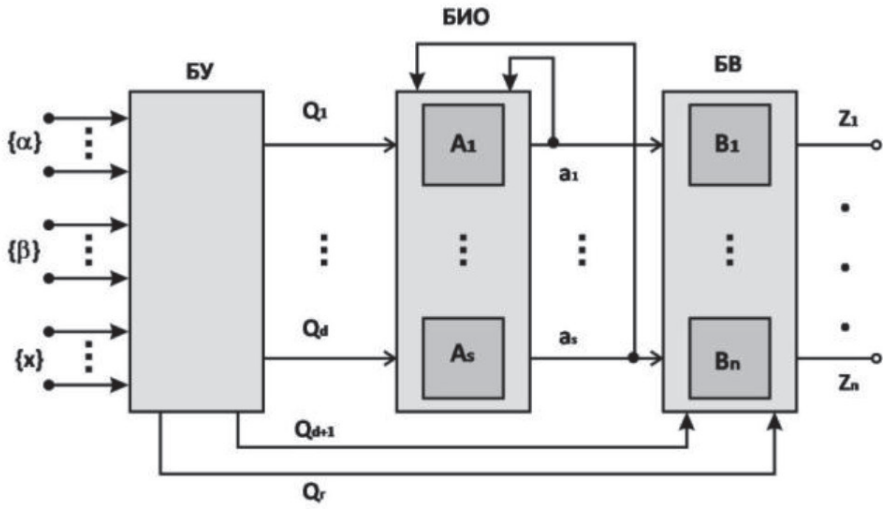
{β} – сигналы ручного управления;

{x} – сигналы от датчиков, контролирующих состояние исполнительных механизмов ОУ и самого ОУ;

– в условия переходов Q_1, …, Q_r, являющиеся его выходными сигналами.

Блок индикации операций БИО представляет собой набор ячеек A_1, …, A_s с выходами a_1, … , a_s. В каждую ячейку с выходом a_i входит RS-триггер T_i и необходимый набор логических элементов, с помощью которых осуществляется переключение этого триггера.

Блок выходов БВ представляет собой набор ячеек B_1, … , B_n с выходами Z_1, … , Z_n. В каждую ячейку входит RS-триггер и те логические элементы, с помощью которых осуществляется переключение этого триггера.



Блочная позиционная управляющая структура

Материалы и методы исследования

Описание условий работы дискретных управляющих устройств ориентировано на их структурную организацию, в частности позиционной стандартной структурной организации соответствует язык циклических процессов (ЯЦП) [3] и графы циклических процессов (ГЦП).

Язык циклических процессов содержит набор условных знаков (символов), составляющих его алфавит. Определенные сочетания символов образуют формулы ЯЦП, представляющие собой описания циклического процесса. Операциям циклического процесса сопоставляются операторы A_1, …, A_s, каждый из которых соответствует определенному триггеру блока индикации операций БИО стандартной позиционной структуры (рисунок).

Для первичного запуска циклического процесса применяют оператор начала A_0.

Между операторами процесса существуют бинарные отношения включения и выключения. Отношение включения заключается в том, что момент начала действия включаемого оператора A_k определяется истинностью некоторого логического условия Q_j обязательно во время действия включающего оператора A_i. В свою очередь начало действия оператора Ak прекращает действие оператора A_i, таким образом, между операторами осуществляется отношение включения/выключения. Иными словами, оператор A_i является включающим по отношению оператора A_k, а оператор A_k является выключающим по отношению оператора A_i.

Описание циклического процесса должно предусматривать задание отношений включения и выключения для всех операторов A_0, A_1, …, A_s с ограничением, согласно которому оператор начала A_0 может быть только включающим.

При реализации циклического процесса должны выполняться следующие условия:

1) если оператор A_i включает оператор A_j, то оператор A_j выключает оператор A_i;

2) исключается одновременное включение двух и более операторов (детерминированность процесса);

3) момент конца действия оператора сдвинут по времени относительно момента начала его действия (действие оператора не мгновенно).

Алфавит языка ЯЦП помимо символов операторов A_0, A_1, …, A_s и логических условий Q_1, …, Q_r содержит знаки связи – строчные стрелки ($\uparrow^1, \downarrow^1$), знак разветвления ({}), надстрочные стрелки ($A^{\uparrow^2}, A^{\downarrow^2}$), а также вспомогательные знаки переноса (–) и конца (;).

Операторы A_1, …, A_s означают воздействие на объект управления и устройство управления временными задержками в результате изменения значений некоторых дискретных сигналов Z_1, … , Z_n и U_1, … , U_k. То есть сигналы, в результате изменения которых начинается выполнение очередной операции процесса, сопоставленной данному оператору A_i, перечисляются в верхнем индексе данного оператора A_i с указанием новых значений, которые они принимают. Например, если для оператора A_2 сигнал Z_1 меняет значение с $Z_1 = 0$ на $Z_1 = 1$, а $Z_3 = 1$ на $Z_3 = 0$, то оператор имеет вид $A_2^{Z_1^1 Z_3^0}$.

Частным случаем оператора является «пустой» оператор, который обозначается как $A_i^{\varnothing}$, он соответствует операции, при выполнении которых нет воздействия ни на какие сигналы Z_1, … , Z_n и/или U_1, … , U_k, однако «пустой оператор» может быть выключающим по отношению к другим операторам формулы.

Операторы A_1, …, A_s делятся на безусловные и условные. Безусловный оператор характеризуется некоторым изменением значений Z_1, … , Z_n и/или U_1, … , U_k, которое происходит всегда при его действии. Условный оператор отличается тем, что при его действии изменение значений Z_1, … , Z_n и/или U_1, … , U_k зависит еще от дополнительных логических условий, которые указываются в квадратных скобках в верхнем индексе данного оператора перед теми переменными, изменение которых будет происходить только в случае истинности данного условия. Например, если при действии оператора A_2 переменная Z_1 изменяется всегда, а переменная Z_3 только в случае истинности дополнительного условия Q_1, то условный оператор записывают в виде $A_2^{Z_1^1[Q_1]Z_3^0}$.

Логические условия Q_1, … , Q_r зависят в общем случае от переменных x_1, … , x_m; α_1, …, α_g; β_1, … , β_h (рисунок) и выражаются с помощью некоторых элементарных логических функций: комбинационных и/или последовательностных.

Алфавит ЯЦП содержит также строчные стрелки для обозначения перехода от логического условия к оператору при описании отношения включения [3]. Строчные стрелки записывают в строку с символами логических условий и операторов. Стрелку, направленную вверх (↑), называют выходной, а стрелку, направленную вниз (↓), входной.

Выходную и входную стрелки для определенного перехода отмечают одним и тем же номером.

Знак разветвления применяют для обозначения отношения включения, когда от оператора A_i возможен переход к одному из множества операторов A_{j1}, … , A_{jp}. Он имеет форму открывающейся фигурной скобки, которая ставится после оператора:

$$\ldots A_i \begin{cases} [Q_1]\, A_{j1} \ldots \\ \quad . \\ \quad . \\ \quad . \\ [Q_p]\, A_{jp} \ldots \end{cases}$$

Надстрочные стрелки применяют для обозначения отношения выключения. Нумерованную входную стрелку ставят над символом выключаемого оператора, а выходную стрелку – над символом выключающего оператора.

Знак переноса имеет вид тире, отмеченного номером.

Знак конца в виде точки с запятой ставят после тех операторов, которые не являются включающими по отношению к другим операторам.

Формулой ЯЦП называют запись, состоящую из нескольких строк, связанных между собой переходами.

Строкой называют горизонтальную цепочку символов из алфавита ЯЦП, которая удовлетворяет следующим условиям:

а) начальным символом строки может быть либо оператор начала A_0, либо логическое условие, либо входная строчная стрелка;

б) конечным символом строки является либо выходная строчная стрелка (↑), либо знак конца (;);

в) между начальным и конечным символами строки расположена последовательность, состоящая

из чередующихся между собой символов операторов и логических условий.

Сама формула ЯЦП должна удовлетворять следующим условиям:

1) содержит хотя бы одну строку, начинающуюся с оператора начала A_0, и хотя бы одну строку, заканчивающуюся знаком конца (;);

2) если строка, входящая в формулу, заканчивается знаком разветвления, то справа от него располагают строки, начальными символами которых могут быть либо логические условия, либо входные строчные стрелки;

3) строки, составляющие формулу, не должны содержать операторы с одинаковыми нижними индексами (кроме A_0);

4) строки, составляющие формулу, не должны содержать входные строчные стрелки с одинаковым номером (иначе нарушается однозначность переходов).

Формула ЯЦП читается слева направо построчно, причем чтение начинают всегда с одной из строк, начальным символом которой является оператор A_0.

Строку также читают слева направо от начального символа к конечному, причем входные строчные стрелки во внимание не принимают.

Со строки на строку переходят либо по строчным стрелкам, отмеченным одинаковыми номерами, либо с помощью знака разветвления, который стоит после оператора A_j. При этом переход осуществляется к той строке, начальное логическое условие которой истинно во время действия оператора A_j.

Свойства циклических процессов отражены в следующих особенностях формулы:

а) если операторы A_i и A_j связаны отношением включения-выключения, где A_i – предшественник, а A_j – последователь, то при чтении формулы всегда имеется переход от A_i к A_j;

б) если логическое условие, записанное после знака разветвления, приняло единичное значение, то включается первый оператор соответствующей строки и выключается оператор, стоящий перед знаком разветвления; переход к другим строкам после знака разветвления при этом невозможен, только при выполнении другого цикла, в котором истинным будет другое условие;

в) если оператор A_i не включает оператор A_j, но оператор A_j выключает оператор A_i, то над A_i и A_j ставятся соответственно входная и выходная надстрочные стрелки с одинаковым номером. В частности, над оператором, который расположен перед знаком конца, всегда стоит входная надстрочная стрелка, а над оператором, который вызывается любой момент при аварийном вмешательстве в процесс, всегда стоит выходная надстрочная стрелка;

г) если оператор A_i включает A_j, то в момент появления (истинности) логического условия, по которому начинает действовать оператор A_j, логическое условие, вызывающее оператор A_j, должно отсутствовать (быть ложным). В том случае, когда оператор A_p выключает оператор A_q, но A_q не включает A_p, из вершины A_p проводится пунктирное ребро в вершину A_q, которое не отмечается условием перехода.

Результаты исследования и их обсуждение

Методика построения устройств управления циклическими процессами, построенных по стандартной позиционной структуре, должно происходить в следующей последовательности выполнения этапов:

1) составление словесного описания технологического процесса в целом или по узлам с учетом циклического и наладочного режимов;

2) составление формализованного описания условий работы управляющего устройства на языке ЯЦП;

3) составление уравнений, описывающих логику работы блоков позиционной структуры (БУ, БИО и БВ);

4) составление структурных схем блоков управляющего устройства по полученным уравнениям;

5) реализация разработанного алгоритма средствами конфигурирования конкретного прибора (ПЛК или ПР) [4, 5].

Выводы

Рассмотренная методика позволяет достаточно быстро и эффективно производить разработку дискретных управляющих устройств. Практика использования ЯЦП для решения подобных задач подтвердила высокую эффективность рассмотренной методологии.

Список литературы

1. Кудрявцев В.Б. Теория автоматов: учебник для бакалавриата и магистратуры / В.Б. Кудрявцев, С.В. Алешин, А.С. Подколзин. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2018. – 320 с.

2. Горбатов В.А. Теория автоматов: учеб. для студентов втузов / В.А. Горбатов, А.В. Горбатов, М.В. Горбатова. – М.: АСТ: Астрель, 2008. – 559 с.

3. Элементы и схемы пневмоавтоматики / Т.К. Берендс, Т.К. Ефремова, А.А. Тагаевская, С.А. Юдицкий. – Изд. 2-е перераб. и доп. – М.: «Машиностроение», 1976. – 246 с.

4. Рачков М.Ю. Пневматические системы автоматики: учебное пособие для академического бакалавриата / М.Ю. Рачков. – 2-е изд., испр. и доп. – М.: Юрайт, 2018. – 285 с.

5. Левченко В.И. Дискретно-аналоговое управляющее устройство / В.И. Левченко // Сборник научных статей VII Международной научно-практической конференции «Научные чтения имени профессора Н.Е. Жуковского». – 2017. – С. 234–237.

УДК 66.021.4

ОПТИМИЗАЦИЯ ХИМИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА СУШКИ В СТАЦИОНАРНОМ РЕЖИМЕ МНОГОСЛОЙНОЙ МАССЫ ФОСФОРИТОВЫХ ОКАТЫШЕЙ ПО КРИТЕРИЮ ЭНЕРГОРЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТИ

Бобков В.И.

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

В химической и металлургической промышленности широко используется обжиг окомкованного сырья в движущемся плотном слое, с перекрёстной подачей газа-теплоносителя. Одной из важнейших стадий термической обработки является процесс сушки. В работе исследуются оптимальные технологические параметры стационарного режима в отдельно взятой вакуум-камере обжиговой конвейерной машины, химико-технологического процесса сушки многослойной массы фосфоритовых окатышей, с использованием разработанной процедуры условной оптимизации по критерию энергоресурсоэффективности. Технологический стационарный режим химико-технологического процесса сушки многослойной массы фосфоритовых окатышей определяется: температурой газа-теплоносителя и скоростью его перекрёстной подачи. Качество и завершённость процесса сушки характеризуются: тепловыми параметрами – температура окатышей, зависящая от координаты по радиусу окатыша и координаты высоты в вертикальной многослойной укладке окатышей, градиент температуры в окатыше, скорость нагрева, температура газа-теплоносителя на выходе из многослойной укладки окатышей и параметрами состояния – влагосодержание, интенсивность влагопереноса, относительная степень высушивания. Разработанная процедура отличается ускоренным поиском условного экстремума критерия энергоресурсоэффективности модифицированным методом деформируемого многогранника. Такой подход к определению экстремума критерия энергоресурсоэффективности многостадийного химико-технологического процесса сушки многослойной массы фосфоритовых окатышей на каждой стадии дискретизации по времени, отдельно взятой вакуум-камерой обжиговой конвейерной машины позволяет оптимизировать динамический процесс сушки движущейся плотной многослойной массы окатышей в сложной многостадийной химико-технологической системе обжиговой конвейерной машины.

Ключевые слова: химико-технологический процесс, химико-технологическая система, сушка, обжиговая машина, окатыши, фосфорит, оптимизация, энергоресурсоэффективность

OPTIMIZATION OF CHEMICAL AND TECHNOLOGICAL PROCESS OF DRYING IN STEADY CONDITIONS OF MULTILAYER MASS OF PHOSPHOROUS PELLETS BY CRITERION OF ENERGY EFFICIENCY

Bobkov V.I.

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

In chemical and metallurgical industry roasting of pellets raw materials in a moving dense bed, with cross supply of gas heat carrier is widely used. One of the most important stages of a heat treatment is drying process. In work optimum technological parameters, steady conditions in separately the taken vacuum camera of the indurating conveyor machine, chemical and technological process of drying of multilayer weight the of phosphorous pellets, with use of the developed procedure of the conditional optimization for criterion of energy efficiency are investigated. The technological steady conditions of chemical and technological process of drying of multilayer weight of the phosphorous pellets are defined: temperature of gas heat carrier and speed of its cross giving. The quality and completeness of process of drying are characterized: heat parameters – temperature of pellets depending on coordinate on the radius of a pellet and coordinate of height in vertical multilayer laying of pellets, temperature gradient in a pellet, heat rate, gas heat carrier temperature on escaping of multilayer laying of pellets and state variables – moisture content, intensity of moisture transfer, the relative dryness. The developed procedure differs in the modified method of a deformable polyhedron accelerated by searching of the conditional of criterion energy efficiency extremum. Such approach to definition of criterion energy efficiency extremum of multistage chemical and technological process of drying of multilayer weight the phosphorous of pellets at each stage of the sampling separately taken by the vacuum camera of the indurating conveyor machine allows to optimize dynamic process of drying of moving dense multilayer mass of pellets in the composite multistage chemical and technological system to the indurating conveyor machine.

Keywords: chemical and technological process, chemical and technological system, drying, indurating machine, pellets, phosphorite, optimization, energy efficiency

Ранее автором в [1] был рассмотрен химико-технологический процесс (ХТП) сушки движущейся на конвейере сложной многостадийной химико-технологической системы (ХТС) обжиговой машины многослойной массы окатышей, широко применяемый в химической и металлургической промышленности при термической обработке окомкованного минерального сырья [2]. Анализ полученных в результате оптимизации энергоресурсоэффективности динамического многостадийного ХТП суш-

ки фосфоритовых окатышей в движущейся плотной многослойной массе показал, что существенную роль оказывает стационарная, в рамках отдельно взятой вакуум-камеры обжиговой машины ХТС, условная оптимизация энергоресурсоэффективности ХТП статической сушки многослойной массы фосфоритовых окатышей [3].

Технологический режим стационарного ХТП сушки многослойной массы фосфоритовых окатышей определяется: температурой газа-теплоносителя T_{g0} и скоростью его подачи W_g. Качество и завершённость ХТП сушки характеризуются: тепловыми параметрами – температура окатышей $T_m(x, y)$, зависящая от координаты x по радиусу окатыша и координаты y высоты в вертикальной многослойной укладке окатышей, градиент температуры $\partial T_m/\partial x$, скорость нагрева $\partial T_m/\partial\tau$, температура газа на выходе из многослойной укладки окатышей T_{gh} и параметрами состояния – влагосодержание $u(y)$, интенсивность влагопереноса $I(x, y)$, относительная степень высушивания $\psi(y)$ [4].

В результате дискретизации по времени стадий прохождения отдельных вакуум-камер на конвейерах обжиговых машин в ХТС, для которых формируются различные векторы управляющих параметров $\left(Tg_0^k; Wg^k\right)$.

В результате такой декомпозиции для каждой вакуум-камеры можно выделить следующие наборы управляющих параметров:

$$\forall k = 1, ..., K \ \left(Tg_0^k, Tg_J^k, W_g^k\right),$$

где K – число вакуум-камер конвейера обжиговой машины, соответствующих стадиям процесса сушки окатышей; Tg_0^k – температура газа-теплоносителя на входе в слой; Tg_j^k – температура газа-теплоносителя после прохождения j элементарных слоёв высотой Δy, в k-й вакуум-камере; W_g^k – скорость движения газа теплоносителя в k-й вакуум-камере [5].

Себестоимость готовых окатышей формируется в основном за счет удельного расхода электрической $Q_{эл}$ и тепловой $Q_{теп}$ энергии. Оптимальным считается технологический режим, при котором необходимое качество готового продукта, определяемое завершенностью процесса сушки, достигается при минимуме стоимости израсходованной тепловой и электрической энергии, причем учитывается, что стоимость электрической энергии $P_{эл}$ дороже тепловой $P_{теп}$. Содержательная постановка задачи построения процедуры условной оптимизации формулируется так: найти такое значение вектора управляющих параметров (T_{g0}, W_g), чтобы значения U и $P = P_{эл}Q_{эл} + P_{теп}Q_{теп}$ достигали своего наименьшего значения. В силу технических особенностей обжиговой машины на вектор управляющих параметров накладываются ограничения: скорость $0 < W_g \le W_g^{\max}$ и температуру $T_{g0}^{\min} \le T_{g0} \le T_{g0}^{\max}$ газа-теплоносителя на входе в слой, а также на вектор параметров состояния локализованного ХЭТП сушки (T_m, $\partial T_m/\partial x$, $\partial T_m/\partial\tau$, T_{gh}, U, I, ψ) – температуру газа-теплоносителя на выходе $T_{gh} \le T_{gh}^{\max}$, скорость нагрева $\partial T_m / \partial\tau \le \Delta_1 T_m^{\max}$ и градиент $\partial T_m / \partial x \le \Delta_2 T_m^{\max}$ температуры в окатыше, влагосодержание $U \le U^{\max}$ и интенсивность влагопереноса $I \le I^{\max}$.

В качестве критерия энергоресурсоэффективности локального ХТП сушки многослойной укладки авторами рассматривалось выражение

$$F(\mathrm{T}_{g0}, W_g) = \alpha_1 U(\mathrm{T}_{g0}, W_g) + \alpha_2 P(T_{g0}, W_g), \quad (1)$$

где коэффициенты α_1 и α_2 обеспечивают ранжированность критериев в двухкритериальной задаче оптимизации [6, 7].

Математическое описание ХТП сушки движущейся многослойной массы фосфоритовых окатышей, представляется в виде системы дифференциальных уравнений в частных производных (ДУЧП), решение которой возможно лишь численными методами по разработанной автором компьютерной программе [1].

Содержательная постановка задачи условной оптимизации энергоресурсоэффективности локализованного ХТП сушки многослойной массы фосфоритовых окатышей заключается в поиске экстремума критерия F (целевой функции), определяемом формулой (1), при заданных ограничениях в виде неравенств, т.е. в решении задачи математического нелинейного программирования [8, 9].

Для решения поставленной задачи условной оптимизации потребовалось применение, поисковых методов, в которых направление минимизации определяется на основании последовательных вычислений критерия F, и они не требуют регулярности и дифференцируемости целевой функции F. На практике поисковые алгоритмы оказываются достаточно эффективными и удобными, особенно при реализации решения на ЭВМ.

Исключительно эффективным при решении поисковых задач безусловной оптимизации является предложенный Нелдером и Мидом [8] метод деформируемого многогранника. В нем целевая функция от двумерного вектора $F(T_{g0}, W_g)$ минимизируется с помощью деформации специально подобранного симплекса. Вершина симплекса, в которой значение F максимально, про-

ецируется через центр тяжести оставшихся вершин. Улучшение значений F производится с помощью последовательной замены точки с максимальным значением F на лучшие с помощью поиска вдоль проецирующей линии, в соответствии с разработанной авторами процедурой. Деформируемый от итерации к итерации многогранник (симплекс) в процессе поиска адаптируется к поведению целевой функции F, вытягиваясь вдоль длинных склонов, изменяя направление в изогнутых впадинах и сжимаясь в окрестности минимума $F^*\left(T_{g0}^*; W_g^*\right)$. Процедура безусловной оптимизации, используя априорные знания о характере критерия энергоресурсоэффективности F, позволяет модифицировать метод деформируемого многогранника и ускорить нахождение экстремума.

Выполнение ограничений на управляющие параметры – скорость подачи $0 < W_g \le W_g^{\max}$ и температуру $T_{g0}^{\min} \le T_{g0} \le T_{g0}^{\max}$ газа-теплоносителя на входе в локализованную многослойную укладку окатышей достигается введением в критерий F барьерных функций вида

$$f_1 = \begin{cases} 0, \text{ при } \left(W_g; T_{g0}\right) \in \left[T_{g0}^{\min}; T_{g0}^{\max}\right] \times \left(0; W_g^{\max}\right] \\ \infty, \text{ в противном случае} \end{cases}.$$

Это ограничение является наиболее жестким, ибо оно обеспечивает математически-корректное и физически-осуществимое решение системы ДУЧП представленной в [1].

Выполнение остальных условий осуществляется методом штрафных функций типа «квадрата срезки» с введением вспомогательного аргумента γ_i, обеспечивающего одинаковый порядок величин входящих в систему ограничений:

$$f_2 = \sum_{i=1}^{5} \beta_i,$$

где

$$\beta_1 = \begin{cases} \left(\gamma_1 \cdot T_{gh}\right)^2, & \text{при} \quad T_{gh} > T_{gh}^{\max} \\ 0, & \text{при} \quad T_{gh} \le T_{gh}^{\max} \end{cases},$$

$$\beta_2 = \begin{cases} \left(\gamma_2 \cdot \partial T_m / \partial \tau\right)^2, & \text{при} \quad \partial T_m / \partial \tau > \Delta_1 T_m^{\max} \\ 0, & \text{при} \quad \partial T_m / \partial \tau \le \Delta_1 T_m^{\max} \end{cases},$$

$$\beta_3 = \begin{cases} \left(\gamma_3 \cdot \partial T_m / \partial x\right)^2, & \text{при} \quad \partial T_m / \partial x > \Delta_2 T_m^{\max} \\ 0, & \text{при} \quad \partial T_m / \partial x \le \Delta_2 T_m^{\max} \end{cases},$$

$$\beta_4 = \begin{cases} \left(\gamma_4 \cdot U\right)^2, & \text{при} \quad U > U^{\max} \\ 0, & \text{при} \quad U \le U^{\max} \end{cases},$$

$$\beta_5 = \begin{cases} \left(\gamma_5 \cdot I\right)^2, & \text{при} \quad I > I^{\max} \\ 0, & \text{при} \quad I \le I^{\max} \end{cases}.$$

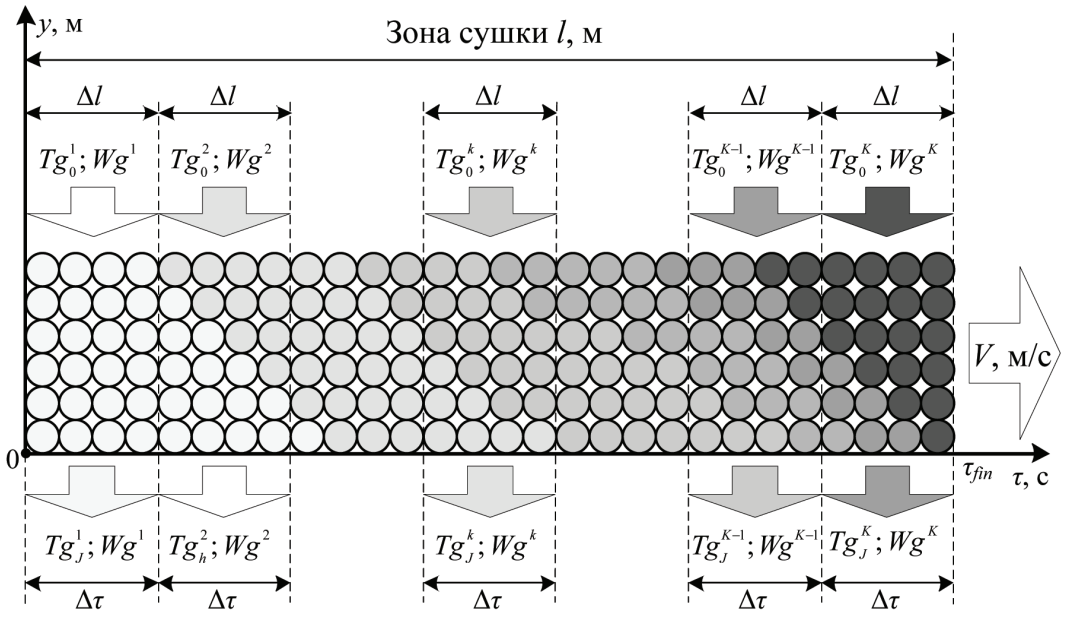


Рис. 1. Проиллюстрирована декомпозиция ХЭТП сушки движущейся многослойной массы фосфоритовых окатышей при дискретизации по времени

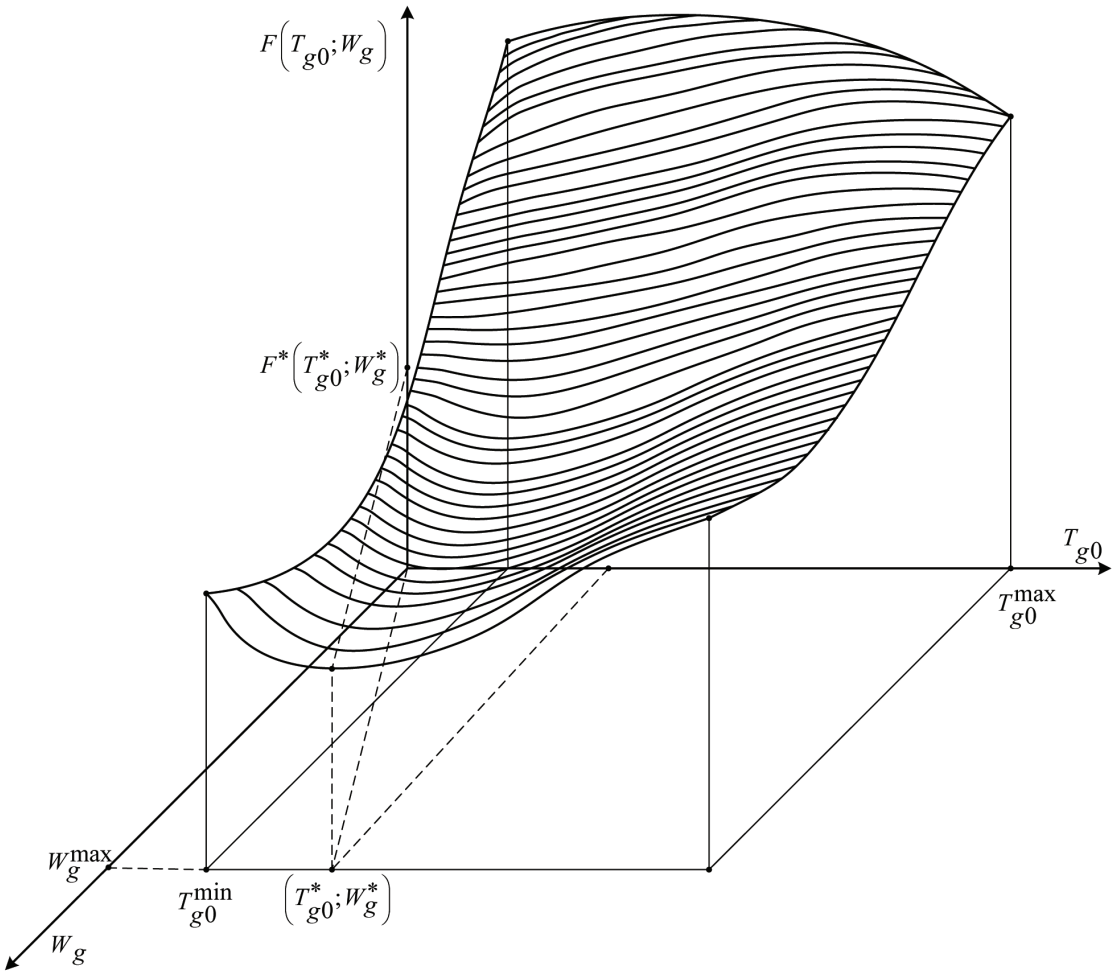


Рис. 2. Результат реализации процедуры условной оптимизации критерия энергоресурсоэффективности для локальной стадии ХЭТП сушки, четвёртой вакуум-камеры k = 4. Здесь Tg^*_0 = 478 K, Wg = 1,3 м/с*

Для увеличения скорости нахождения минимума на каждой стадии дискретизации по времени прохождения отдельных вакуум-камер на конвейерах обжиговых машин, для которых формируются различные векторы управляющих параметров, на каждой последующей стадии $\left(Tg^k_0;Wg^k\right)$, в качестве начальной точки поиска экстремума критерия $F\left(T_{g0};W_g\right)$ берётся найденная точка минимума $\left(Tg^*_0;Wg^*\right)$ на предыдущей стадии дискретизации по времени $\left(Tg^{k-1}_0;Wg^{k-1}\right)$.

Разработанная авторами процедура условной оптимизации критерия энергоресурсоэффективности методами нелинейного программирования и оптимизации реализована в комплексах программ, написанных на языке Borland C++. Проводились многочисленные компьютерные вычислительные эксперименты по оптимизации энергоресурсоэффективности для локальных стадий ХТП многослойной сушки фосфоритовых окатышей в обжиговой конвейерной машине ОК-520Ф, в которой предусмотрено 11 вакуум-камер $k = 11$ [10].

На рис. 2 представлен результат вычислительного эксперимента реализации процедуры условной оптимизации критерия энергоресурсоэффективности для локальной стадии ХТП сушки многослойной массы фосфоритовых окатышей, четвёртой вакуум-камеры $k = 4$.

В полученном оптимальном режиме сушки скорость газа-теплоносителя максимально возможная $Wg^* = 1{,}3$ м/с. Температура подачи газа-теплоносителя составляет $Tg^*_0 = 478$ К. Расчёты проводились при следующих граничных значениях параметров ХТП многослойной сушки фосфоритовых окатышей в сложной ХТС обжи-

говой конвейерной машине: $T_{g0}^{min} = 290$ К, $T_{g0}^{max} = 1673$ К, $W_g^{max} = 1{,}3$ м/с, $I^{max} = 3$ кг/(м^2·с)·10^3, $U^{max} = 11$ %, $\Delta_1 T_m^{max} = 10$ К/с, $\Delta_2 T_m^{max} = 5 \cdot 10^{-3}$К/м.

Такой подход к определению экстремума критерия энергоресурсоэффективности многостадийного химико-энерготехнологического процесса сушки многослойной массы фосфоритовых окатышей на каждой стадии дискретизации по времени, локализованной отдельно взятой вакуум-камерой обжиговой конвейерной машины, с использованием разработанной процедуры условной оптимизации, отличающейся ускоренным поиском условного экстремума критерия энергоресурсоэффективности, позволяет быстро находить научно обоснованные оптимальные по энергоресурсоэффективности режимы функционирования ХТС в зоне сушки конвейерных обжиговых машин [11].

Работа выполнена в рамках базовой части государственного задания Минобрнауки России на выполнение государственных работ в сфере научной деятельности, проект № 13.9597.2017/БЧ.

Список литературы

1. Бобков В.И. Моделирование термически активируемых процессов обжига окомкованного сырья // Тепловые процессы в технике. – 2016. – № 1. – С. 42–47.

2. Бобков В.И., Мищенко М.Н. Исследование теплофизических характеристик окомкованного фосфатного материала // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 7–1. – С. 26–29.

3. Бобков В.И. Энергосбережение в технологии сушки материала в плотном слое на основе интенсификации тепломассообмена // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 12–4. – С. 585–589.

4. Леонтьев Л.И. Физико-химические особенности комплексной переработки железосодержащих руд и техногенных отходов // В книге: XX Менделеевский съезд по общей и прикладной химии Тезисы докладов в 5 томах. Уральское отделение Российской академии наук. – Екатеринбург, 2016. – С. 92.

5. Luis P., Van der Bruggen B. Exergy analysis of energy-intensive production processes: advancing towardsa sustainable chemical industry // Journal of Chemical Technology and Biotechonology. – 2014. – Vol. 89. No. 9. – P. 1288–1291.

6. Боковиков Б.А., Брагин В.В., Швыдкий В.С. О роли зоны тепловой инерции при термообработке окатышей на обжиговых конвейерных машинах // Сталь. – 2014. – № 8. – С. 43–48.

7. Elgharbi S., Horchani-Naifer K., Ferid M. Investigation of the structural and mineralogical changes of Tunisian phosphorite during calcinations // Journal of Thermal Analysis and Calorimetry. – 2015. – Vol. 119. No. 1. – P. 265–269.

8. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – М.: МИР, 1975. – 534 с.

9. Лыков М.В. Сушка в химической промышленности. – М.: Химия, 1970. – 432 с.

10. Тимофеева А.С., Никитченко Т.В., Федина В.В. Определение комкуемости железорудной шихты с целью прогнозирования прочностных свойств окатышей // Современные наукоемкие технологии. – 2015. – № 8. – С. 53–57.

11. Буткарев А.А. Особенности практического использования методологии ВНИИМТ для оптимизации теплотехнических схем обжиговых конвейерных машин // Металлург. – 2011. – № 4. – С. 38–43.

УДК 004.05:629.7

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ СИСТЕМ ИНТЕГРИРОВАННОЙ АВИОНИКИ ВЕРТОЛЕТОВ

[1]Бойко В.А., [2]Петров Д.Ю., [2]Резчиков А.Ф., [2]Кушников В.А., [2]Иващенко В.А., [2]Богомолов А.С., [2]Филлимонюк Л.Ю., [2]Григоренко В.В.

[1]ФГБОУ ВПО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, e-mail: evan011@mail.ru;

[2]ФГБУ «Институт проблем точной механики и управления» РАН, Саратов, e-mail: iptmuran@san.ru

В процессе разработки программного обеспечения систем интегрированной авионики вертолетов необходимо учесть изменения значений характеристик качества программного обеспечения, возникающие из-за наличия большого количества нелинейных причинно-следственных связей, существующих между моделируемыми характеристиками, а также влияния на них параметров окружающей среды. На основе авиационных стандартов определены основные показатели качества программного обеспечения, а также внешние факторы, оказывающие влияние на моделируемые характеристики. Разработан граф причинно-следственных связей, характеризующий сложную систему причинно-следственных взаимоотношений между характеристиками программного обеспечения. На основе статистических данных, а также экспертного опроса специалистов определены зависимости между моделируемыми характеристиками и внешними факторами. Предложен комплекс математических моделей и алгоритмов, позволяющих прогнозировать характеристики программного обеспечения, при проектировании систем интегрированной авионики вертолетов за счет использования системно-динамического подхода и теории причинно-следственных комплексов. Рассмотрен пример практического использования разработанного математического обеспечения для вертолета МИ-171. Построена система дифференциальных уравнений по основным показателям качества и влияющим на них факторам на основе имеющейся статистики и оценок экспертов для вертолета МИ-171. Построены графики моделируемых характеристик качества программного обеспечения, а также получены сравнительные данные среднего квадратичного отклонения показателей качества программного обеспечения.

Ключевые слова: математическое моделирование, причинно-следственная взаимосвязь, прогнозирование, программное обеспечение, интегрированная авионика, модель системной динамики

PREDICTION OF SOFTWARE CHARACTERISTICS AT THE DESIGNING OF HELICOPTERS INTEGRATED AVIONICS

[1]Boyko V.A., [2]Petrov D.Yu., [2]Rezchikov A.F., [2]Kushnikov V.A., [2]Ivaschenko V.A., [2]Bogomolov A.S., [2]Fillimonyuk L.Yu., [2]Grigorenko V.V.

[1]Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, e-mail: evan011@mail.ru;

[2]Institute of Precision Mechanics and Control, Russian Academy of Sciences, Saratov, e-mail: iptmuran@san.ru

During software development of integrated avionics for helicopters it is necessary to consider the changes of software quality characteristics that arise due to the presence of a large number of nonlinear causal relationships existing between the simulated characteristics and influence on them environmental parameters. Based on aviation standards the main software quality characteristics and external factors are defined which influence on simulated characteristics. A graph of cause-effect relationships is developed which describes a complex system of cause-effect relationships between the characteristics of software. The relationships between the simulated characteristics and external factors are determined with using statistical data and expert analysis. A complex of mathematical models and algorithms are proposed which allows predicting characteristics of software during development systems of integrated avionics for helicopters through using a system-dynamic approach and theory of cause-effect complexes. Using of developed mathematical models and algorithms for helicopter MI-171 is considered as an example. The graphics of simulated software quality characteristics are constructed and comparative data of the standard deviation of software quality indicators are got.

Keywords: mathematical modeling, causal relationship, prediction, software, integrated avionics, system-dynamic model

В основу разработки программного обеспечения (ПО) встроенных систем интегрированной авионики (СИА) положены требования авиационных стандартов [1–3]:

– стандарт ГОСТ Р 51904-2002 «Программное обеспечение встроенных систем», определяющий требования к процессу разработки, тестирования и сертификации ПО СИА;

– стандарт DO-178B «Требования к программному обеспечению бортовой аппаратуры и систем при сертификации авиационной техники»;

– стандарт ARINC-653, регламентирующий временное и пространственное разделение ресурсов бортового вычислителя.

В соответствии с этими стандартами качество ПО СИА характеризуется комплексным многокритериальным показателем, отражающим качество работы не только отдельно взятых компонентов ПО, но и их причинно-следственные взаимодействия [4].

В связи с этим при разработке ПО систем интегрированной авионики вертолетов актуальной является задача прогнозирования характеристик ПО.

Подход к прогнозированию показателей качества функционирования ПО

Для решения задачи прогнозирования характеристик ПО систем интегрированной авионики вертолетов в соответствии со стандартами [5, 6] выделены основные показатели (моделируемые переменные) качества функционирования ПО:

– $X_1(t)$ – функциональность;
– $X_2(t)$ – надежность;
– $X_3(t)$ – защищенность;
– $X_4(t)$ – готовность;
– $X_5(t)$ – временная эффективность;
– $X_6(t)$ – сертифицированность;
– $X_7(t)$ – мобильность;
– $X_8(t)$ – стабильность;
– $X_9(t)$ – ресурсоемкость.

Для решения задачи использован комплекс математических моделей, построенный на основе аппарата системной динамики Форрестера [7].

Некоторые из переменных носят качественный характер. Для оценки этих переменных использованы количественные шкалы, имеющие ясный физический смысл. Для проведения расчетов использованы нормированные значения моделируемых переменных

$$X_i^H(t) = X_i(t) / X_i^{\max}, i = \overline{1,9},$$

где $X_i(t)$ – текущее значение характеристики, определенное в численной шкале; $X_i^{\max}$ – максимальное значение переменной $X_i(t)$.

Процесс решения задачи включает в себя следующие этапы:

1. Определение множества наиболее значимых факторов $F_i(t), i = \overline{1,v}$, влияющих на моделируемые переменные $X_i(t), i = \overline{1,9}$;

2. Построение графа причинно-следственных связей G_{pss}, отражающего взаимосвязи между переменными $X_i(t), i = \overline{1,9}$ и внешними факторами $F_i(t), i = \overline{1,v}$.

3. Определение вспомогательных функции $f_1(F_1) f_2(F_2) \ldots f_k(F_k)$, используемых при расчете моделируемых переменных.

4. Составление дифференциальных уравнений системной динамики, определяющих значения переменных $X_i(t), i = \overline{1,9}$ на различных временных интервалах.

5. Решение дифференциальных уравнений.

6. Анализ полученных решений – прогнозных значений переменных.

Результаты системного анализа комплекса мероприятий, необходимых для поддержания требуемого уровня качества программного обеспечения интеллектуальных систем, показывают, что в общем случае в качестве внешних факторов целесообразно использовать следующие показатели [8]:

– $F_1(t)$ – системные и программные требования;
– $F_2(t)$ – инструменты разработки ПО;
– $F_3(t)$ – опыт разработчиков ПО;
– $F_4(t)$ – опыт эксплуатационного персонала;
– $F_5(t)$ – трудоемкость разработки ПО;
– $F_6(t)$ – бюджет разработки.

Показатели $F_3(t) \ldots F_6(t)$ измеряются в количественной шкале, а показатели $F_1(t) \ldots F_2(t)$ сводятся к количественной шкале с помощью известных алгоритмов и процедур теории нечетких множеств [3]. При проведении математического моделирования в дальнейшем используются их нормированные значения, определенные из следующего выражения:

$$F_i^H(t) = F_i(t) / F_i^{\max}, i = \overline{1,6},$$

где $F_i(t)$ – текущее значение фактора, определенное в численной шкале; $F_i^{\max}(t)$ – максимальное значение).

Разработка графа причинно-следственных связей переменных системы и внешних факторов

Данный граф характеризует сложную систему причинно-следственных связей между рассматриваемыми переменными и внешними факторами. Вершины графа соответствуют переменным $X_i(t), i = \overline{1,9}$, дуги определяют причинно-следственные отношения между ними – направление и тип связи переменных и факторов.

Определение связей всех переменных и факторов позволяет получить граф причинно-следственных отношений (рис. 1).

Зависимости между переменными и факторами были определены на основе статистических данных и экспертного опроса специалистов [9].

На основе разработанного графа для моделируемых характеристик $X_i(t), i = \overline{1,9}$ составляются дифференциальные уравнения следующего вида:

$$dX_i / dt = X_i^+(t) - X_i^-(t),$$

$$X_i^+(t) = \Pi_i^+ S_i^+, \; X_i^-(t) = \Pi_i^- S_i^-,$$

где X_i – моделируемая переменная; Π_i^+ и S_i^+ – соответственно произведение переменных и сумма внешних факторов положительно, а Π_i^- и S_i^- – отрицательно влияющих на рост переменной $X_i(t)$. Таким образом дифференциальное уравнение для переменной $X_i(t)$ имеет вид

$$dX_i / dt = \Pi_i^+ S_i^+ - \Pi_i^- S_i^-.$$

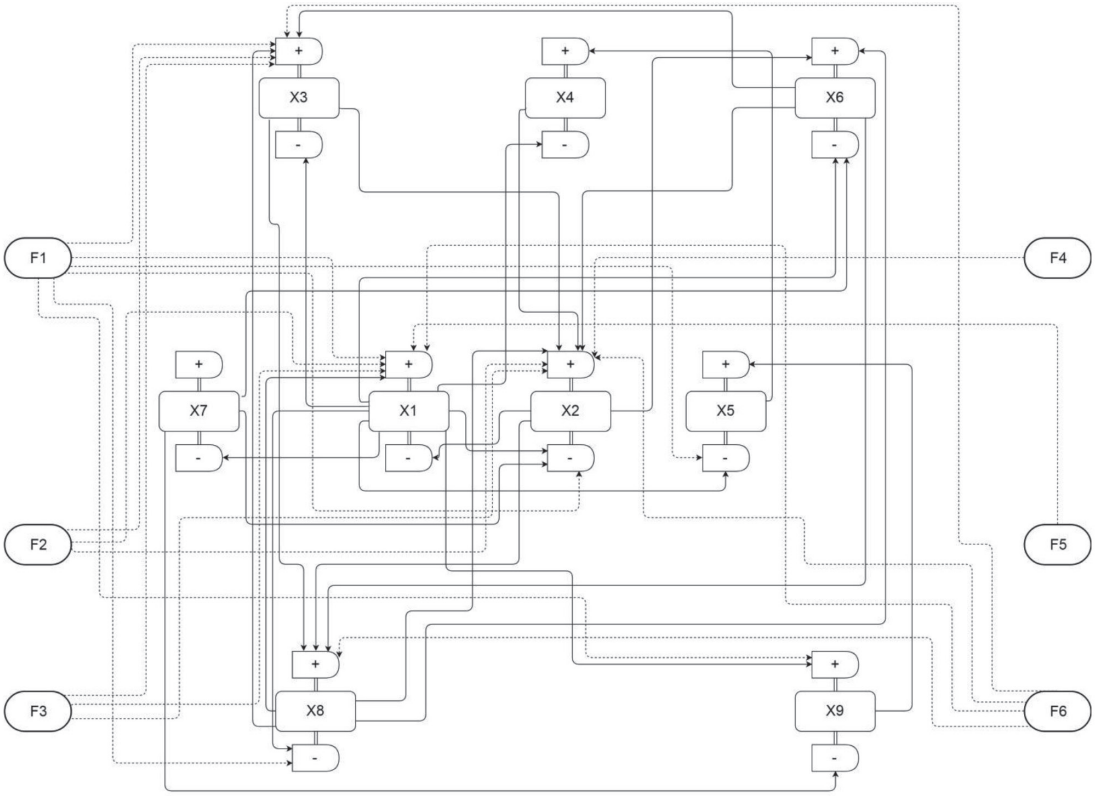


Рис. 1. Граф причинно-следственных отношений

На основе данного соотношения и причинно-следственного графа, приведенного на рис. 1, построим уравнения системной динамики:

$$dX_1/dt = B_{1-8}(X_8)(F_1 + F_2 + F_3 + F_5 + F_6) - B_{1-2}(X_2),$$

$$dX_2/dt = B_{2-3}(X_3)B_{2-4}(X_4)B_{2-6}(X_6)B_{2-8}(X_8)(F_3 + F_4 + F_5 + F_7) - B_{2-1}(X_1)B_{2-7}(X_7)(F_1),$$

$$dX_3/dt = B_{3-6}(X_6)B_{3-8}(X_8)(F_1 + F_2 + F_3 + F_6) - B_{3-1}(X_1),$$

$$dX_4/dt = B_{4-5}(X_5) - B_{4-1}(X_1),$$

$$dX_5/dt = B_{5-9}(X_9) - B_{5-1}(X_1)F_1,$$

$$dX_6/dt = B_{6-2}(X_2)B_{6-8}(X_8) - B_{6-1}(X_1)B_{6-7}(X_7),$$

$$dX_7/dt = B_{7-1}(X_1)F_1,$$

$$dX_8/dt = B_{8-2}(X_2)B_{8-3}(X_3)B_{8-6}(X_6)F_6 - B_{8-1}(X_1)F_1,$$

$$dX_9/dt = B_{9-1}(X_1)F_1 - B_{9-7}(X_7).$$

Выражения вида $B_{i-j}(X_j), i, j = \overline{1,9}$ обозначают зависимости переменной X_i от X_j и определяются на основе экспертного опроса специалистов и аппроксимации статистических данных.

В качестве примера выполним аппроксимацию статистических данных для выражений $B_{4-j}(X_j), j = 1,5$ и факторов F_1, F_4.

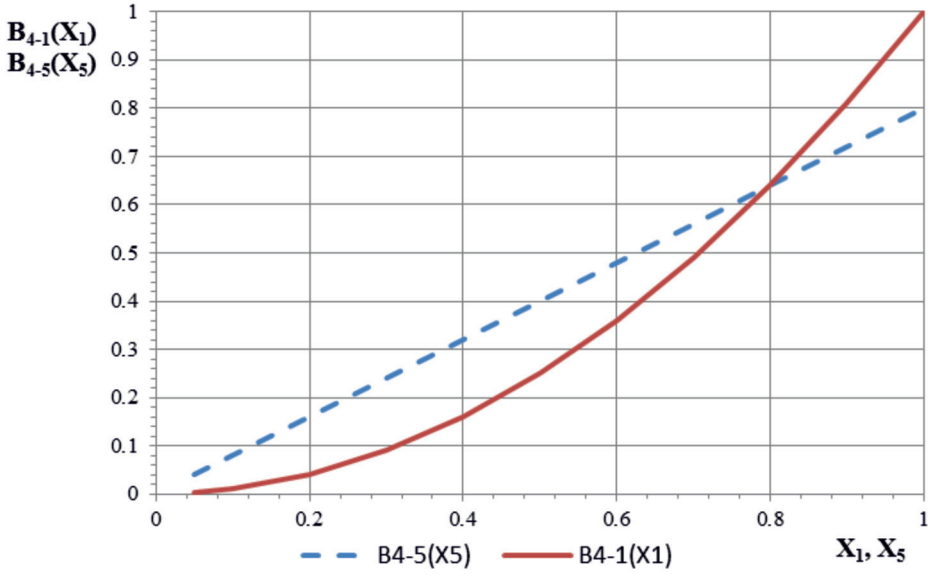
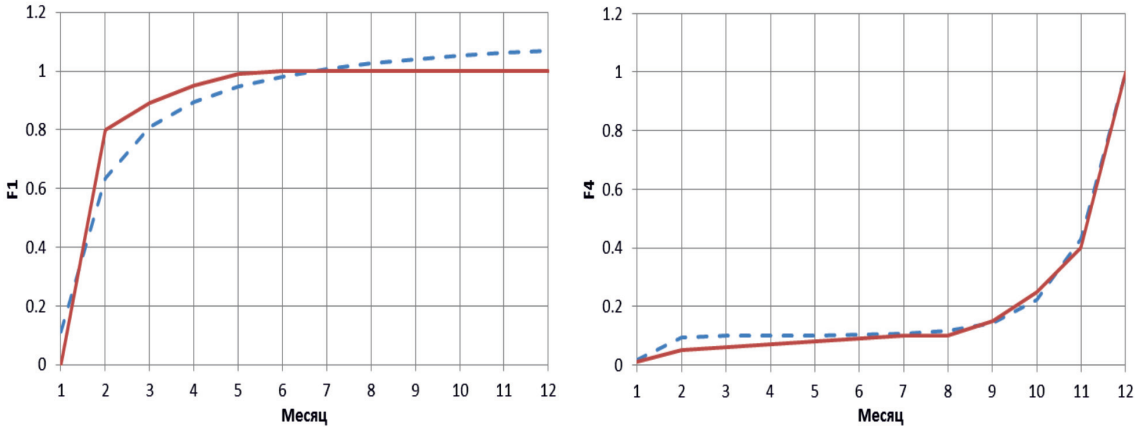


Рис. 2. Зависимость системной переменной X_4 от системных переменных X_1 и X_5



а) *б)*

Рис. 3. Графики вспомогательных функций математической модели

На рис. 2 представлены графики зависимости системной переменной X_4 от системных переменных X_1 и X_5.

Величина $B_{4-1}(X_1)$ на начальном отрезке резко уменьшается с ростом X_1, но начиная с некоторого значения увеличение X_1 не приводит к значительному снижению, поэтому выражение $B_{4-1}(X_1)$ может быть аппроксимировано следующей функцией:

$$B_{4-1}(X_1) = e^{-a_{4-1}X_1},$$

где a – коэффициент, определенный на множестве действительных чисел.

Величина $B_{4-5}(X_5)$ прямо пропорционально зависит от X_5 и определяется линейным выражением

$$B_{4-5}(X_5) = k_{4-5}X_5 + b_{4-5},$$

где a, b, k – коэффициенты, определенные на множестве действительных чисел.

На рис. 3 представлены графики нормированных статистических (сплошная линия) и аппроксимированных (пунктирная линия) данных для внешних факторов.

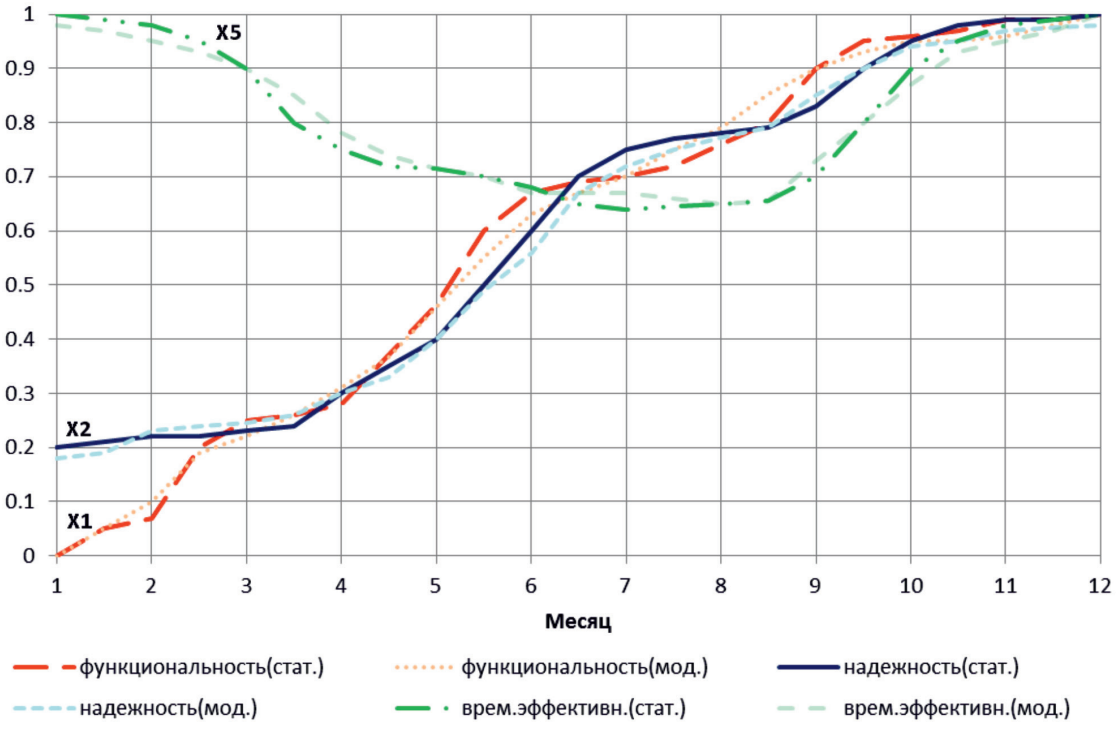


Рис. 4. Графики основных моделируемых показателей качества программного обеспечения

После аппроксимации статистических данных уравнения внешних факторов будут иметь следующий вид:

$$F_1 = 1{,}1561 - 1{,}0451/t; F_2 = 0{,}0005t^3 - 0{,}0175t^2 + 0{,}2374t - 0{,}2204,$$

$$F_3 = -0{,}00303t^3 + 0{,}05401t^2 - 0{,}1346t + 0{,}08369,$$

$$F_4 = e^t / 180900{,}8 - e^{-2{,}5t} + 0{,}09986,$$

$$F_5 = 0{,}0033t^3 + 0{,}0412t^2 - 0{,}0589t + 0{,}4764,$$

$$F_6 = 1{,}058 - 1{,}0139/t.$$

На основе имеющейся статистики, а также экспертных оценок показателей качества ПО для вертолета МИ-171 выполним конкретизацию множителей и слагаемых, входящих в данную систему уравнений по основным переменным и факторам.

$$\frac{dX_1}{dt} = 0{,}090925X_8\left(-0{,}0008t^3 + 0{,}0777t^2 + 0{,}0439t - 2{,}059/t + 2{,}2481\right) -$$

$$-0{,}946X_2^{\,2} + 1{,}85X_2 - 1{,}04,$$

$$dX_2/dt = 0{,}8645X_3\left(0{,}7698X_4 + 0{,}5673\right)\left(e^{1{,}153X_6}/2{,}109 - 0{,}50213\right)(0{,}9647X_8 -$$

$$-0{,}1597)(-0{,}0003t^3 + 0{,}09521t^2 - 0{,}1935t + e^t/180900{,}8 - e^{-2{,}5t} -$$

$$-1{,}0139/t + 1{,}61809) - 1{,}748X_1\left(0{,}9674X_7^{\,2} - 0{,}231\right)(1{,}1561 - 1{,}0451/t),$$

$$dX_3/dt = 1{,}279X_6X_8\left(-0{,}00253t^3 + 0{,}03651t^2 + 0{,}1028t - 2{,}059/t + 2{,}07739\right) - 2{,}647X_1,$$

$$dX_4 / dt = 0,927X_5 - e^{-1,564X_1} + 0,216,$$

$$dX_5 / dt = 0,984X_9 - 1,687X_1\left(1,1561 - 1,0451 / t\right),$$

$$dX_6 / dt = e^{1,023X_2 + 0,874X_8} - 0,261e^{-0,962X_1}X_7,$$

$$dX_7 / dt = -e^{-0,784X_1}\left(1,1561 - 1,0451 / t\right),$$

$$dX_8 / dt = 0,635X_2^{\,2}X_6\left(0,271X_3 - 0,14\right)\left(1,058 - 1,0139 / t\right) - X_1\left(1,1561 - 1,0451 / t\right),$$

$$dX_9 / dt = 1,087X_1\left(1,1561 - 1,0451 / t\right) - e^{-0,681X_7}.$$

Полученную систему уравнений решаем методом Рунге – Кутты 4-го порядка точности.

На рис. 4 представлены графики статистических и рассчитанных данных для функциональности X_1, надежности X_2 и временной эффективности X_5.

Сравнительные показатели среднего квадратичного отклонения для статистических и моделируемых данных приведены в таблице.

Сравнительные данные среднего квадратичного отклонения показателей качества программного обеспечения

Тип данных	Среднее квадратичное отклонение		
	X1	X2	X5
Статистические	2,560	2,073	0,443
Моделируемые	2,515	1,989	0,361

Заключение

Предложен подход к прогнозированию характеристик программного обеспечения для систем интегрированной авионики перспективных вертолетов, обеспечивающий повышение качества программного обеспечения в условиях наличия большого количества нелинейных причинно-следственных связей, существующих между характеристиками, а также влиянием на них параметров внешней среды.

Разработан комплекс взаимосвязанных моделей для прогнозирования характеристик программного обеспечения с использованием системно-динамического подхода.

Построена система дифференциальных уравнений по основным характеристикам программного обеспечения и влияющим на них внешним факторам на основе имеющейся статистики и оценок экспертов.

Предложенный комплекс моделей рассмотрен на примере прогнозирования характеристик программного обеспечения для вертолета МИ-171.

Список литературы

1. Гинис Л.А. Организация проверки качества программного обеспечения бортового оборудования авиационной техники / Л.А. Гинис, К.С. Дубовская // Инновационная наука. – 2015. – № 12. – С. 42–43.

2. Горбаченко И.М. Оценка качества программного обеспечения для создания систем тестирования / И.М. Горбаченко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 6–4. – С. 823–827.

3. Отказобезопасные информационно-управляющие системы на программируемой логике / Е.С. Бахмач, А.Д. Герасименко, В.А. Головир и др. – Кировоград: Национальный аэрокосмический университет «ХАИ», Научно-производственное предприятие «Радий», 2008. – 380 с.

4. Резчиков А.Ф. Причинно-следственные комплексы взаимодействий в производственных процессах / А.Ф. Резчиков, В.А. Твердохлебов // Проблемы управления. – 2010. – № 3. – С. 51–59.

5. КТ-178В. Квалификационные требования. Требования к программному обеспечению бортовой аппаратуры и систем при сертификации авиационной техники. – М.: Научно-исследовательский институт авиационного оборудования, 2002. – 99 с.

6. ГОСТ Р 51904-2002. Программное обеспечение встроенных систем. Общие требования к разработке и документированию. – М.: Государственный научно-исследовательский институт авиационных систем, 2002. – 67 с.

7. Форрестер Д. Мировая динамика / Д. Форрестер; пер. с англ. А. Ворощука и С. Пегова, науч. ред. Д. Гвишиани, Н. Моисеева. – М.: АСТ, СПб.: TerraFantastica, 2003. – 379 с.

8. Долинина О.Н. Управление процессом создания программного обеспечения систем принятия решений по критерию качества / О.Н. Долинина, А.Ф. Резчиков // Системы управления и информационные технологии. – 2017. – № 3(69). – С. 78–82.

9. Бойко В.А. Архитектура программного комплекса для проектирования программного обеспечения авионики / В.А. Бойко, Д.Ю. Петров // Математические методы в технике и технологиях. – 2016. – № 12. – С. 155–158.

УДК 004.89

ФОРМАЛЬНЫЕ СТРУКТУРЫ И ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ДЛЯ ГРАНУЛЯРНЫХ ВЫЧИСЛЕНИЙ

Бутакова М.А., Климанская Е.В., Чернов А.В.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, e-mail: butakova@rgups.ru

Настоящая статья посвящена исследованию теоретических структур и представлений для нечеткой информационной грануляции. Определена область использования информационной грануляции. Информационная грануляция представляет собой обобщение методов математической кластеризации данных с распространением на данные разнородного вида. Отличием предлагаемых методов информационного гранулирования от ранее известных является их применимость для объединения семантически связанных значений, которые представлены нечеткими значениями. Рассмотрены формальные представления гранулярных вычислений и показана их алгебраическая и геометрическая интерпретация. Дано определение бинарной системы окрестностей. Представлена классификация гранулярных вычислений по ряду признаков. Выполнена формализация представления текста для нечетких элементов управления на основе информационных гранулярных структур. Исследованы как двоичные, так и многозначные гранулярные структуры. Формализовано отношение включения нечеткого покрытия, представление одиночного атрибута с использованием формальных слов. Установлено, что в крупномасштабных вычислениях задачи грануляции можно разделить на три подзадачи: выбор метода формализации грануляции в алгебраической или геометрической постановке, формализация в виде гранулярной структуры, в данном случае в виде двоичного гранулярного представления и применение гранулярных структур к задачам, возникающим в области интеллектуальных систем. Отмечено, что основными приложениями рассматриваемых методов являются интеллектуальный анализ данных и интеллектуальные системы поддержки принятия решений.

Ключевые слова: гранулярные вычисления, приближенные множества, двоичное отношение, интеллектуальные системы

FORMAL STRUCTURES AND REPRESENTATIONS FOR GRANULAR COMPUTING

Butakova M.A., Klimanskaya E.V., Chernov A.V.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Rostov State Transport University», Rostov-on-Don, e-mail: butakova@rgups.ru

TThis article proposes the detailed study of theoretical structures and representations for fuzzy information granulation. The field of use of information granulation is defined. Formal representations of granular computations are considered, and their algebraic and geometric interpretation is shown. Information granulation is a generalization of methods of mathematical clustering of data with the spread of heterogeneous data. The difference between the proposed methods of information granulation from the previously known is their applicability to combine semantically related values, which are represented by fuzzy values. A definition of a binary system of neighborhoods is given. Classification of granular computations by some features is presented. The formalization of the text presentation for fuzzy controls based on granular information structures is performed. Both binary and many-valued granular structures are investigated. The inclusion relation for fuzzy coverage, representation of a single attribute using formal words is formalized. It is established that in large-scale calculations the granulation problems can be divided into three sub-tasks: the choice of the method of formalizing granulation in algebraic or geometric formulation, formalization in the form of a granular structure, in this case a binary granular representation, and the application of granular structures to problems arising in the field of intelligent systems. It is noted that main applications methods mentioned above are data mining and intelligent decision support systems.

Keywords: granular computing, rough set, binary relation, intelligent systems

Термин «гранулированные вычисления» был впервые использован Л. Заде [1] как название его исследовательской темы в рассуждениях о гранулярной математике: «Информационное гранулирование представляет собой метод объединения массивов данных на основе слияния и разделения по принципу функционального сходства, а также свойства неразличимости этих объектов, основанного на принципе стянутости точек к некоторой центральной точке». Отметим, что «стянутость точек» – это частный случай «центральных точек (объектов)». Л. Заде писал: «Если центральные точки являются целым объектом, то понятия совпадают». Информационное гранулирование, которое формализовано в одной из значимых в данной области работ [2], представляет собой «набор гранул с гранулой, являющейся совокупностью данных (в пространстве данных), которые тянутся к центральному объекту (объектам) (в пространстве объектов) путем неразличимости, сходства или функциональности». Значимыми областями информационного гранулирования [3] являются нечеткие системы [4] и принятие решений в условиях неопределенности [5, 6]. Приложениями информационного гранулирования [7] являются в настоящее время области интеллек-

туального анализа данных, которые ранее называли методами кластеризации, а также синтез дискретных систем [8]. Отличием кластеризации от гранулирования, по сути, является возможность последнего из методов выполнять объединение схожих по семантике словесных значений на основе неметрических подходов.

Методы исследования

Отличием предлагаемых методов информационного гранулирования от ранее известных является их применимость для объединения семантически связанных значений, которые представлены нечеткими значениями.

Алгебраическая формулировка

Данная формулировка формализуется следующим образом в терминах двух универсальных множеств по принципу «быть объединенным». Пусть P и Q – два объекта, универсальные множества разной природы. Объекты P и Q могут быть гранулированы, кластеризованы некоторым двоичным отношением, означающим неразличимость, то есть $(P,Q)\in B$. Обратим внимание, что мы не делаем предположения о симметрии, поэтому бинарное отношение имеет смысл направления. В этом случае можно сказать, что Q «стягивается» к P и такой вариант будем называть P центром. Информационная грануляция представляет собой набор $CB=\left\{B^k\middle|k\in K\right\}$, четкого либо нечеткого бинарного отношения B, где K – это набор индексов, который перечисляет неразличимость, сходства или функциональности.

Геометрическая формулировка

Вместо того, чтобы моделировать действие, «будучи объединенным», как в первом случае, рассматриваются последствия гранулирования, другими словами, – «сгущение» объектов, которые связаны с определенным объектом p. Информационная грануляция для p является семейством $IG(p)=\left\{I_p^k(\subseteq U)\middle|k\in K\right\}$ вполне определенных, либо размытых подмножеств, которые связаны с p, где K – является мощностью подмножества.

Некоторые отдельные объединяемые объекты можно отнести к одной и той же грануле с разными степенями уверенности. Тем не менее при выполнении информационного гранулирования всегда можно выделить центр информационной гранулы. Как и в других случаях, центр информационной гранулы можно рассматривать с точки зрения различных математических формальных представлений, из которых в данном случае рассмотрим геометрическую формулировку. С данной точки зрения, центр информационной гранулы представляет собой точку, а сама гранула ограничивается в пространстве некоторой окрестностью h. Границы данной окрестности могут определяться, как метрическими, так и неметрическими способами, то есть можно получить либо четкую информационную гранулу (в первом случае), либо нечеткую (во втором случае). Далее, совокупность окрестностей $NH(h)$ можно записать в топологических терминах в виде $NH=\left\{NH(h)\middle|h\in W\right\}$, где W – является единичным разбиением множества. Если в каждом разбиении $h\in W$ имеется не более одной центральной точки, то геометрически это означает существование единственного бинарного отношения в информационном гранулировании. В итоге, имеется бинарная система окрестностей BNH. Таким образом, справедливым является следующее утверждение.

Утверждение. Информационная грануляция CB определяется бинарной системой окрестностей BNH и наоборот, но обратное не единственно, то есть для каждого $B^j\in CB$ имеем

$$NH:W:\to P(U):p\to$$

$$\to NH^j(p)=\left\{u\middle|(p,u)\in B^j\right\},$$

где $P(U)$ является четким / нечетким множеством мощности U.

Можно классифицировать исследуемые структуры исходя из нескольких представлений.

1. Глобальное или локальное гранулирование имеет следующие варианты представления:

а) глобальное гранулирование: грануляция индуцируется бинарными отношениями;

б) локальное гранулирование: грануляция индуцируется системой соседства.

Примером глобального гранулирования является, например, вложение окрестностей топологических пространств, а примером локального гранулирования является уточнение границ окрестностей топологического подмножества. Заметим, что локальное информационное гранулирование индуцируется окрестностью системы пространств с получением конечных гранул в каждой точке пространства. Эти два вида гранулирования неэквивалентны (см. утверждение 1).

2. Одиночное, множественное, вложенное гранулирование можно разделить:

а) на гранулирование в одном уровне, то есть двоичное гранулирование, при котором процесс индуцируется бинарной системой окрестностей или бинарным отношением, которые, естественно, эквивалентны;

б) конечное или многократное гранулирование, при котором глобальное гранулирование индуцируется конечным множеством бинарных отношений;

в) сильно / слабо вложенные уровни гранулирования, при котором каждое локальное гранулирование индуцируется конечным семейством сильно / слабо вложенных бинарных систем окрестностей грануляции.

Обозначенная сильно вложенная грануляция означает, что каждая гранула на некотором уровне j является объединением некоторых гранул на следующем уровне $(j+1)$. Сильная вложенность автоматически проявляется при условии, что гранулы являются разделяющими. Ярким примером сильно вложенной грануляции является иерархическая структура. Вложенность без таких ограничений называется слабой вложенностью.

Открытое и закрытое гранулирование разделяется:

а) на случай гранулирования с совпадением пространств данных и объекта, когда существует единственная метрика для установления степени сходства / различения;

б) случай гранулирования с различными пространствами данных и объекта, а следовательно, возможности существования различных метрик, определяющих неразличимость объектов.

Двоичная гранулярная структура и однозначные представления

В этом подразделе мы будем предполагать, что *NH* индуцируется конечным набором *B* бинарных отношений (или двоичных систем окрестностей).

По аналогии с работой [2] выполним формализацию информационной гранулы в виде гранулированных структур двух видов: 1) $GS = (V, U, NH)$ и $GS_C = ((V, Y, NH), C)$, где V – пространство объекта, U – пространство данных или информационное пространство (V и U может быть одним и тем же множеством), NH – многократное гранулирование (геометрически, оно – система окрестностей), а C – пространство понятий, состоящее из всех содержательных названий гранул.

Кортеж $((V, U, B), C) = (V, U, B, C)$ будем называть двоичным гранулярным представлением структуры (ДГПС). Когда V является конечным, ДГПС может принимать формат таблицы. В этом случае ДГПС эквивалентно таблице двоичной информации. Это можно проиллюстрировать данными из табл. 1. В ней карта, обозначенная «→», является однозначной, и, следовательно, составив карту именования, мы имеем однозначное представление. Обратим внимание, что бинарные окрестности как перекрываются. Они должны дать возможность многозначного представления информационного гранулирования.

Таблица 1

Карты именования

Объекты		Бинарные окрестности (B)	Центр (E_B)
X	→	{*F*}	{*X*, *W*}
Y	→	{*Z*}	{*Y*, *T*}
Z	→	{*Y*, *S*}	{*Z*}
S	→	{*Z*, *T*}	{*S*}
T	→	{*Z*}	{*Y*, *T*}
F	→	{*X*, *W*}	{*F*}
W	→	{*F*}	{*X*, *W*}

Примечание. «→» Представляет собой двоичную систему окрестности (двоичные отношения).

Если $U = V$, а B – семейство разбиений, то кортеж (V, U, B, C) становится тройным кортежем (V, B, C) и называется грубой структурой представления. Тогда, если V является конечным, оно принимает табличный формат и эквивалентно информации табл. 1. При использовании битов для представления гранул, как классов эквивалентности подмножеств V, грубая структура представления является обобщением концепции базы данных с растровыми индексами.

Существенным неметрическим способом информационного гранулирования является разбиение по индукции. В нем бинарное отношение (или двоичная система окрестностей):

$B : V \to P(U)$; $p \in V \to B_p \subseteq V$ индуцирует разбиение $\left\{B^{-1}(B_p) \middle| p \in V\right\}$; будем называть это индуцированным разбиением (отношением эквивалентности) B и обозначать через E_B.

Класс эквивалентности, $[p]E_B = B^{-1}(B_p)$, или просто $[p]$, называется центром B_p. Центр $[p]$ состоит из всех тех точек, которые отображаются во множество $B_p \subseteq V$, (см. табл. 1).

Применение ДГПС к интеллектуальным системам

Далее рассмотрим некоторые важные приложения ДГПС. Среди таких приложений можно выделить: нечетко-лингвистическое представление элементов управления; приближенный лингвистический поиск; системы классификации слабоструктурированных данных; интеллектуальные системы принятия групповых решений на основе недостаточно определенной информации и другие.

Например, для нечетко-лингвистического представления элементов управления можно использовать многозначные представления ДГПС, где каждому объекту сопоставлено несколько гранул. Однако в нечетких системах можно сформировать «взвешенное среднее представление», поэтому в приведенном в табл. 2 примере оценки являются однозначными.

Таблица 2

Оценки функций включения нечеткого покрытия

Объекты	$A_1(p)$	$A_2(p)$	$A_3(p)$
p_0	1,0	0,0	0,0
p_1	0,67	0,33	0,0
p_2	0,33	0,67	0,0
p_3	0,0	1,0	0,0
p_4	0,0	0,67	0,0
p_5	0,0	0,33	0,0
p_6	0,0	0,0	0,0
p_7	0,0	0,0	0,33
p_8	0,0	0,0	0,67
p_9	0,0	0,0	1,0

Примером использования вышеизложенных структур для приближенного лингвистического поиска являются векторнозначные представления ДГПС. Определив гранулы, как нечеткие множества, например, $A_1(p)$, $A_2(p)$, $A_3(p)$, $A_4(p)$, получается векторнозначное представление ДГПС. Однако и в данном случае можно вычислить «средневзвешенное» значение и получить одно инфогранулярное представление. Рассмотрим, например, следующие формальные выражения:

$$r_1 \cdot Low + r_2 \cdot Median - Low + \\ + r_3 \cdot Median - High + r_4 \cdot High,$$

где r_1, r_2, r_3, r_4 – действительные числа.

Получаем следующую таблицу (табл. 3) по примеру работы [2].

Математически совокупность всех таких выражений образует абстрактное векторное пространство над действительными числами. Обозначим векторное пространство $FW(U)$. Каждый вектор является формальным словом. Пусть $w_i(p)$ представляет класс A_i в p, т.е. $A_i(p) = w_i(p)$. Будем называть $w_i(p)$ весом p в A_i. Основываясь на весе $w_i(p)$ и многозначном табличном представлении (табл. 2, 3), мы сформируем FW-представление, формальное слово, представленное следующим образом: $W : V \to FW$; $p \to W(p)$, определяемое как $W(p) = \sum_i \left(w_i(p) \cdot NAME\left(A_i(p)\right)\right)$. Что касается данного примера, имеем формальное слово представления p:

$$W(p) = w_1(p) \cdot Low + w_2(p) \cdot Median_Low + \\ + w_3(p) \cdot Median_High + w_4(p) \cdot High.$$

Таблица 3

Многозначные представления

Объект	Окрестности	Общее представление
p_0	$\{A_1\}$	$Low = NAME(A_1)$
p_1	$\{A_1\}$	$Low = NAME(A_1)$ $Median_Low = NAME(A_2)$
p_2	$\{A_1, A_2\}$	$Low = NAME(A_1)$ $Median_Low = NAME(A_2)$
p_3	$\{A_2\}$	$Median_Low = NAME(A_2)$
p_4	$\{A_2, A_3\}$	$Median_Low = NAME(A_2)$ $Median_High = NAME(A_3)$
p_5	$\{A_2, A_3\}$	$Median_Low = NAME(A_2)$ $Median_High = NAME(A_3)$
p_6	$\{A_3\}$	$Median_High = NAME(A_3)$
p_7	$\{A_3, A_4\}$	$Median_High = NAME(A_3)$ $High = NAME(A_4)$
p_8	$\{A_3, A_4\}$	$Median_High = NAME(A_3)$ $High = NAME(A_4)$
p_9	$\{A_4\}$	$High = NAME(A_4)$

Таблица 4

Представление одиночного атрибута с использованием формальных слов

Объекты	Взвешенные фундаментальные понятия (ограничения)
p_0	$W(0,0) = w_1(0,0) \cdot Low$
p_1	$W(0,1) = w_1(0,1) \cdot Low + w_2(0,1) \cdot Median_Low$
p_2	$W(0,2) = w_1(0,2) \cdot Low + w_2(0,2) \cdot Median_Low$
p_3	$W(0,3) = w_3(0,3) \cdot Median_High$
p_4	$W(0,4) = w_1(p) \cdot Low + w_2(p) \cdot Median_Low + w_3(p) \cdot Median_High + w_4(p) \cdot High$
p_5	$W(0,5) = w_1(p) \cdot Low + w_2(p) \cdot Median_Low + w_3(p) \cdot Median_High + w_4(p) \cdot High$
p_6	$W(0,6) = w_1(p) \cdot Low + w_2(p) \cdot Median_Low + w_3(p) \cdot Median_High + w_4(p) \cdot High$
p_7	$W(0,7) = w_1(p) \cdot Low + w_2(p) \cdot Median_Low + w_3(p) \cdot Median_High + w_4(p) \cdot High$
p_8	$W(0,8) = w_1(p) \cdot Low + w_2(p) \cdot Median_Low + w_3(p) \cdot Median_High + w_4(p) \cdot High$
p_9	$W(0,9) = w_1(p) \cdot Low + w_2(p) \cdot Median_Low + w_3(p) \cdot Median_High + w_4(p) \cdot High$

Табл. 4, которая получена по результатам работы [2], состоит из всех таких формальных выражений. В ней представлены одиночные атрибуты с использованием формальных слов.

Выводы

Гранулированные вычисления являются перспективной методологией вычислений. В крупномасштабных вычислениях решение поставленной задачи состоит из трех этапов: 1) выбор метода формализации грануляции в алгебраической или геометрической постановке; 2) формализация в виде гранулярной структуры, в данном случае в виде двоичного гранулярного представления и 3) применение гранулярных структур к задачам, возникающим в области интеллектуальных систем. На первом этапе весьма важным является выбор либо алгебраического, то есть теоретико-множественного подхода к грануляции, либо геометрической, то есть пространственной интерпретации грануляции. На втором этапе одним из достаточно простых естественных универсальных представлений можно выбрать ДГПС представление, дающее возможность на следующем этапе применить эту структуру в виде табличного представления данных в интеллектуальных системах.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, проекты 18-01-00402-а, 18-08-00549-а, 17-07-00620-а, 16-07-00888-а, 16-01-00597-а.

Список литературы

1. Zadeh L. Towards a theory of fuzzy information granulation and its centrality in human reasoning and fuzzy logic // Fuzzy Sets and Systems. – 1997. – Vol. 1, Iss. 2. – P. 111–127.

2. Lin T.Y. Granular Computing // Rough Sets, Fuzzy Sets, Data Mining, and Granular Computing. LNCS, vol. 2639. Springer, Berlin, Heidelberg. – 2003. – P. 16–24.

3. Pedrycz W. Granular Computing: analysis and design of intelligent systems. – CRC Press, 2013. – 270 p.

4. Бутакова М.А., Иванченко О.В. Гранулярные вычисления как метод обработки нечеткой информации // Труды Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2014. – № 4. – С. 9–12.

5. Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Минаева Ю.И. Кронекеровы (тензорные) модели нечетко-множественных гранул // Кибернетика и системный анализ. – 2014. – Т. 50, № 4. – С. 42–52.

6. Минаев Ю.Н., Филимонова О.Ю., Минаева Ю.И. Гранулярный компьютинг в системе нечётких множеств на уровне тензорных гранул // Проблемы информатизации и управления. – 2012. – № 4(40). – С. 51–61.

7. Бутакова М.А. Элементы теории гранулярных вычислений с нечеткими приближенными информационными гранулами / М.А. Бутакова, А.Н. Гуда, О.В. Иванченко, Е.В. Карпенко // Вестник РГУПС. – 2015. – № 4(60). – С. 27–33.

8. Бибило П.Н. Логическое проектирование дискретных устройств с использованием продукционно-фреймовой модели представления знаний / П.Н. Бибило, В.И. Романов. – Минск: Беларус. навука, 2011. – 279 с.

УДК 624.04

ЭКСПЕРТИЗА ПРОМЫШЛЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ: ОБСЛЕДОВАНИЕ ЗДАНИЙ С КРАНОВЫМИ НАГРУЗКАМИ

Гарькин И.Н., Гарькина И.А.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, e-mail: igor_garkin@mail.ru

Рассматриваются проблемы и пути их решения при проведении экспертизы промышленной безопасности зданий и сооружений с крановыми нагрузками (на основе собственного опыта). Указываются особенности эксплуатации строительных конструкций при воздействии на них мостовых кранов, кран-балок и другого грузоподъёмного оборудования. Особый упор делается на обследование зданий, где используются краны с тяжёлым режимом работы (8 К, 7 К). Приводится алгоритм проведения экспертизы промышленной безопасности зданий с крановыми нагрузками: заключение договора с владельцем объекта на проведение экспертизы; анализ имеющейся технической документации; визуальный и инструментальный осмотры строительных конструкций; лабораторные испытания строительных материалов и конструкций (при необходимости); выполнение проверочных расчётов и расчётов физического износа; составление заключения по результатам экспертизы. Детально рассматривается каждый этап проведения экспертизы, приводятся основные требования к составлению экспертного заключения и составу экспертной комиссии. Показываются расчётные схемы сооружений, конструкции которых эксплуатируются с крановыми нагрузками. Приводится реальный пример расчета несущей способности строительных конструкций при экспертизе машиностроительного предприятия в г. Балаково. Даются рекомендации к дальнейшим действиям после проведения технической экспертизы по устранению выявленных дефектов. Резюмируется необходимость своевременного проведения технической экспертизы, как залога экологической чистоты региона, благополучия (повышение уровня безопасности) работников опасных предприятий и снижения экономических издержек при эксплуатации.

Ключевые слова: экспертиза промышленной безопасности, обследование, здания и сооружения, подкрановые конструкции, мостовой кран

EXPERTISE OF INDUSTRIAL SAFETY: CRANE LOAD BUILDINGS

Garkin I.N., Garkina I.A.

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: igor_garkin@mail.ru

The problems and ways to solve them are considered when carrying out industrial safety expertise of buildings and structures with crane loads (based on their own experience). The specifics of the operation of building structures when exposed to overhead cranes, crane beams and other lifting equipment are indicated. Particular emphasis is placed on the inspection of buildings where cranes with heavy duty (8K, 7K) are used. An algorithm is given for the examination of industrial safety of buildings with crane loads: the conclusion of an agreement with the owner of the facility for the examination; analysis of available technical documentation; visual and instrumental inspections of building structures; laboratory tests of building materials and structures (if necessary); carrying out verification calculations and calculations of physical wear and tear; drawing up conclusions on the results of the examination. In detail, each stage of the examination is reviewed, the main requirements for drafting an expert opinion and the composition of the expert commission are given. The calculation schemes of the structures of the structure are shown, which are operated with crane loads. A real example is given of calculating the bearing capacity of building structures in the examination of a machine-building enterprise in Balakovo. Recommendations are given for further actions after carrying out technical expertise to eliminate identified defects. The need for timely technical expertise as a pledge of the region's ecological cleanliness, well-being (raising the level of safety) of workers in hazardous enterprises and lowering economic costs during operation is summarized.

Keywords: industrial safety examination, inspection, buildings and structures, crane constructions, bridge crane

Необходимость проведения экспертизы промышленной безопасности (ЭПБ) зданий и сооружений, эксплуатирующих опасные производственные объекты (ОПО), регламентируется ФЗ-116 «О промышленной безопасности опасных производственных объектов». Экспертиза промышленной безопасности – это процедура получения документа (заключения), подтверждающего соответствие промышленного или другого технически сложного и потенциально опасного объекта (предприятия и т.д.) нормативам промышленной безопасности.

Непроведение ЭПБ влечёт за собой значительные штрафные санкции вплоть до запрета ведения производственной и иной деятельности на территории здания (сооружения).

Несмотря на внесение изменений в ПП РФ № 682 от 04.07.2012 г. «Положение о лицензировании деятельности по проведению экспертизы промышленной безопасности» по повышению требований к экспертам по промышленной безопасности, качество заключений ЭПБ не всегда в должной мере соответствует действующим нормам. От качества проведённой экспертизы зависит безопасность не только объекта экспертизы, но и близлежащих территорий, поэтому необходимо с особой тщательностью подходить к её проведению и грамотно составлять заключение с рекомендациями по дальнейшей эксплуатации здания [1, 2]. В общих чертах порядок получения экспертного заключения прописан в Законе

«О промышленной безопасности», а сам процесс состоит из нескольких этапов: определение объекта, подлежащего экспертизе; предварительный этап; сама экспертная процедура; предоставление заказчику подготовленного заключения экспертов. Заканчивается работа по экспертизе объекта внесением заключения в реестр, ведущийся Ростехнадзором (если такое заключение соответствует установленным законодательством требованиям и выполнено соответствующими специалистами).

На основе собственного опыта обследования строительных конструкций зданий и сооружений приведем *алгоритм проведения экспертизы промышленной безопасности зданий с крановыми нагрузками* (здания, эксплуатирующие мостовые краны, являются опасными производственными объектами):

– заключение договора с владельцем ОПО на проведение ЭПБ;

– анализ имеющейся технической документации;

– визуальный осмотр строительных конструкций;

– инструментальный осмотр;

– лабораторные испытания строительных материалов и конструкций (при необходимости);

– выполнение проверочных расчётов и расчётов физического износа;

– составление заключения по результатам экспертизы.

Остановимся подробнее на некоторых этапах проведения экспертизы. К выполнению ЭПБ допускаются только *эксперты, успешно сдавшие квалификационный экзамен и занесённые в электронный реестр*, и лишь после заключения договора между экспертной организацией и предприятием – владельцем ОПО. Несмотря на то, что наличие аккредитации у эксперта является достаточным условием для выполнения ЭПБ, авторы считают, что нужно ввести дополнительные требования к уровню квалификации специалистов обследователей. К примеру, *для объектов среднего уровня ответственности* (жилые здания, объекты с местами массового пребывания людей, здания и сооружения промышленных предприятий), в которых в случае аварии возможна гибель людей, материальный ущерб и локальное воздействие на окружающую среду:

– наличие базового высшего образования по строительному профилю подготовки (не ниже специалиста или магистра);

– стаж работы в строительной сфере (инженер, прораб, мастер, технический надзор) не менее 5 лет;

– участие в проведении не менее 5 экспертиз (за последние 3 года);

– наличие свидетельств о повышении квалификации (второе высшее образование, профессиональная переподготовка, добровольная сертификация в области строительства).

В случае проведения ЭПБ на объекте, в случае аварии на котором возникшие негативные последствия могут приобрести региональный масштаб, необходимо ещё более ужесточить требования к уровню квалификации эксперта.

Анализ имеющейся документации занимает почти треть всей работы по экспертизе. При её рассмотрении и внесении сведений в итоговое заключение необходимо указать её шифр, год, исполнителей и количество страниц; часть документации (страховые свидетельства, титульные листы проектной документации и технических паспортов). При обнаружении факта увеличения, по сравнению с проектом, грузоподъёмности ГПМ (вследствие технического перевооружения или его смены), необходимо потребовать от организации, эксплуатирующей здание, техническое заключение, где расчётом несущих конструкций доказана безопасная эксплуатация ГПМ с повышенной грузоподъёмностью.

Визуальный осмотр проводится с обязательной фотофиксацией, выявленных дефектов (так, при выполнении экспертизы одного из промышленных предприятий г. Пензы были зафиксированы наиболее опасные дефекты; рис. 1, 2).

Инструментальный осмотр (возможно с последующим изъятием и лабораторными испытаниями конструкций и материалов) имеет цель наиболее объективно оценить состояние строительных конструкций (рис. 1–4). В связи с тем, что при ЭПБ зданий с крановыми нагрузками основной упор делается на обследование подкрановых путей, *испытание подкрановых балок на выносливость* является важным фактором, определяющим остаточный ресурс подкрановых конструкций [3].

Обязательным пунктом является и *расчёт несущей способности строительных конструкций*. Так, при экспертизе машиностроительного предприятия в г. Балаково [4] расчёт балки (разрезная металлическая сварная балка двутаврового сечения (рис. 5) пролётом 6 м под два крана среднего режима работы грузоподъемностью 30/5 т и 20/5 т; сварка поясных соединений – автоматическая с полным проваром стенки; швы вогнутые) проводился с помощью программы SCAD (допускается для любых сертифицированных программно-вычислительных комплексов). Данные и результаты расчетов приводятся соответственно в табл. 1–2.

Рис. 1. Растрескивание перемычки колонны

Рис. 2. Оголение рабочей арматуры

Рис. 3. Металлическая подкрановая балка со следами коррозии

Рис. 4. Железобетонная подкрановая балка с оголённой рабочей арматурой

Таблица 1

Сосредоточенные силы, действующие на балку

Ориентация и значение сил	Нормативная, кН	Коэффициенты				Расчётная, кН
		Надёжности, $y_н$	Динамичности	Сочетаний, ψ	Массы, m	
30/5т						
Вертикальная P_1	284,49	1,2	1,2	0,85	1,03	358,66
Горизонтальная Т	28,449	1,2	1,2	0,85	–	35,87
20/5т						
Вертикальная P_2	213,79	1,2	1,2	0,85	1,03	269,53
Горизонтальная Т	21,379	1,2	1,2	0,85	–	27

Сталь с расчетным сопротивлением по временному сопротивлению R_u = 38735,984 Т/м^2; по пределу текучести R_y = 27522,936 Т/м^2. Коэффициент надежности по ответственности 1,2. Коэффициент условий работы 1.

В случае необходимости (при наличии особых условий в обследуемом здании) вводятся дополнительные уточняющие коэффициенты, к примеру учитывающие температурный и технологический режим эксплуатируемого оборудования, условия эксплуатации крановых путей и т.д.

По итогам расчёта, коэффициент использования 0,787 – местная устойчивость поясного свеса (конструкции используются на 78,7% от своего потенциала, то есть находятся в работоспособном состоянии).

Отметим, что в нормативных документах запрета на расчёт конструкций «вручную» нет, в связи с этим расчеты, выполненные без использования программных комплексов, разрешены.

Таблица 2

Результаты расчета

Проверено по СНиП	Проверка	Коэффициент использования
п. 7.12	Устойчивость опорного ребра	0,078
п. 7.12	Смятие опорного ребра	0,077
п. 11.5	Прочность поясного шва	0,088
п. 11.5	Прочность шва опорного ребра	0,171
п. 5.12	Прочность при действии поперечной силы	0,141
п. 5.12	Прочность при действии изгибающего момента	0,214
п. 5.15	Устойчивость плоской формы изгиба при действии момента	0,214
п. 7.24	Местная устойчивость поясного свеса	0,787

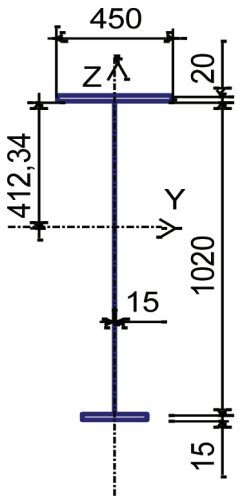


Рис. 5. Сечение рассчитываемой подкрановой балки

При проведении экспертизы эстакады с *металлическим каркасом* (обследование проводилось в 2014 г.) были обнаружены местные погнутости металлических колонн; отсутствие рёбер жёсткости у подкрановых балок. В ходе обследования возникла необходимость рассмотрения возможности установки дополнительных грузоподъёмных механизмов и плит покрытия. Был выполнен проект ферм и плит покрытия; произведён расчёт с помощью SCAD (расчётная схема, рис. 6), доказано, что установка дополнительных ГПМ не снижает безопасность строительных конструкций. В дальнейшем из данной эстакады планируется сделать полноценный отапливаемый цех.

По требованию заказчика в экспертизу зданий с крановыми нагрузками может быть включено комплексное обследование крановых путей и обследование тупиковых упоров (с составлением отдельных заключений).

В комплексном обследовании делается упор на геодезическую съёмку крановых путей, выявление возможных горизонтальных и вертикальных отклонений от установленных норм; составление паспорта кранового пути (при его отсутствии)

В обследование тупиковых упоров входит: расчёт упоров, проведение динамических испытаний, выполнение их обмерочных чертежей, составление паспорта тупикового упора (при его отсутствии).

Для определения физического износа рекомендуется применять *методику определения общей оценки повреждаемости* [5–7] (разработчик методики ООО «Урал-профи»).

В качестве *приложений* (помимо вышеуказанных документов) к заключению ЭПБ прикладываются документы:

– перечень нормативно-технической и методической документации, использованной при экспертизе;

– приказ на проведение экспертизы и назначение экспертной группы;

– индивидуальная программа обследования;

– протокол визуального и измерительного контроля;

– протокол неразрушающих испытаний;

– перечень приборов и средств измерения;

– результаты расчетов на прочность;

– акт о проведении работ;

– протокол контроля пространственного положения конструкций;

– планово-высотное положение крановых путей;

– планировка обследуемого объекта.

На основании собранных сведений эксперты дают *заключение* (*с обоснованными выводами*) *о соответствии или несоответствии объекта* требованиям промышленной безопасности (положительном или отрицательном заключении) и *рекомендации* по техническим решениям устранения выявленных дефектов. После получения *заключения экспертизы* промышленного объекта владелец предприятия обязан представить его в Ростехнадзор для включения в *единый реестр заключений экспертизы промбезопасности*.

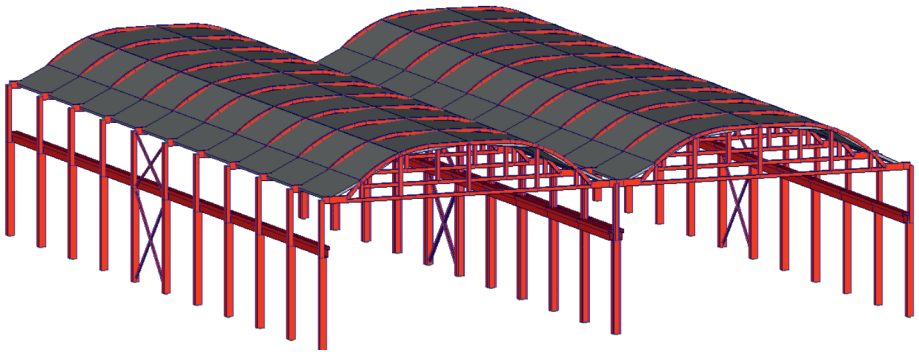


Рис. 6. Расчётная схема металлической эстакады

Практически любая компания, эксплуатирующая опасные производственные объекты (ОПО), подвержена риску возникновения аварий с серьезными последствиями. Главная цель ЭПБ – *предупреждение аварий* на опасных производственных объектах; ее своевременное проведение и грамотное составление заключения – залог экологической чистоты региона, благополучие (повышение уровня безопасности) работников опасных предприятий и снижение экономических издержек при эксплуатации.

Список литературы

1. Ерёмин К.И., Шишкина Н.А. Обзор аварий и сооружений, произошедших в 2010 году // Предотвращение аварий зданий и сооружений: сборник научных трудов. – Магнитогорск: ООО «Велд», 2011. – С. 1–20.

2. Клюев С.В., Клюев А.В. Пределы идентификации природных и инженерных конструкций // Фундаментальные исследования. – 2007. – № 12–2. – С. 68–70.

3. Нежданов К.К., Гарькин И.Н. Испытание неразрезных подкрановых балок на выносливость // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – № 2. – С. 81–86.

4. Гарькин И.Н., Зарипова Г.М. Обследование строительных конструкций здания корпуса № 1 АО «Балаковорезинотехника» // Образование и наука в современном мире. Инновации. – 2016. – № 6–1. – С. 116–121.

5. Абрашитов В.С., Жуков А.Н., Устинова А.В. Определение категорий технического состояния строительных конструкций зданий и сооружений // Региональная архитектура и строительство. – 2016. – № 4(29). – С. 67–70.

6. Голубев К.В., Шестакова Е.А. Особенности определения остаточного ресурса зданий и сооружений исторической застройки // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=19588 (дата обращения: 12.04.2018).

7. Кузин Н.Я., Багдоев С.Г. Оценка влияния внешних факторов на несущую способность конструкций гражданских зданий // Региональная архитектура и строительство. – 2012. – № 2. – С. 79–82.

УДК 658.2

ОСОБЕННОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЕКТАМИ СТРОИТЕЛЬСТВА НА ХИМИЧЕСКОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Гендлина Ю.Б.

ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Череповец, e-mail: gjulia7@rambler.ru

Настоящая статья посвящена исследованию организации реализации проектов строительства в составе инвестиционных программ модернизации производственно-технологических систем химических предприятий. Для реализации проектов строительства привлекаются сторонние подрядные организации, имеющие свои организационные системы управления и производства, свои методы управления персоналом и рисками. Химические предприятия, вследствие используемых технологий, имеют особую организацию производственных процессов, которые должны учитываться при планировании и организации проектных мероприятий всеми участниками проекта строительства. На практике химические предприятия привлекают для выполнения строительно-монтажных работ организации, не имеющие опыта взаимодействия с подобными предприятиями, поэтому типичной проблемой в организации проекта является несогласованность действий подрядных организаций с особенностями технологического процесса химического предприятия. Стратегия и тактика в организации проектов модернизации производственно-технологических систем промышленных предприятий, учитывая их направленность на повышение эффективности использования основных производственных фондов, требуют научного обоснования теоретических и методических основ. Этим обусловлена актуальность данного исследования. Цель исследования: выявить «узкие» места в реализации проектов строительства на территории химического предприятия. Результаты исследования могут быть полезны всем участникам проекта строительства.

Ключевые слова: строительная организация, строительно-монтажные работы, химическое предприятие, химическое производство, управление проектом, риск

FEATURES OF CONSTRUCTION PROJECT MANAGEMENT AT A CHEMICAL ENTERPRISE

Gendlina Yu.B.

Cherepovets State University, Cherepovets, e-mail: gjulia7@rambler.ru

The article under review is devoted to the investigation of organizations and implementing projects of construction in the investment programs of reconstruction and modernization of production and technological systems at chemical plants. For the implementation of the projects third-party Contracting organizations with their organizational system of management and production, methods of personnel management and risk management are involved. Chemical enterprises, due to used technologies, have special production processes, which should be considered when planning and organizing the project activities by all the participants of the construction project. Actually, chemical companies attract organization with no experience in such businesses to perform construction and installation works. This is the relevance of the study. The aim of the study is to identify weak points in the implementation of construction projects in the investment programs at the chemical enterprise. The results of the study can be useful to all the participants of the construction project.

Keywords: construction organization, construction and installation works, chemical plant, chemical production, project management, risk

В условиях быстро увеличивающегося спроса на мировом рынке на отечественную химическую продукцию одним из перспективных стратегических решений, связанных с развитием предприятий химического комплекса, является модернизация производственно-технологических систем. Производственно-технологическая система – это бизнес-единица, под которой необходимо понимать комплекс основных фондов, способный реализовать производство технологического передела или изготовить готовую продукцию, имеющую рыночную стоимость [1].

Понятие «модернизация» включает не только обновление выпускаемой продукции, но и глубокие преобразования в технике и технологии производства, организации труда и управления, а также во всей системе социальных и экономических отношений на предприятии [1]. Поэтому модернизация производственно-технологических систем непосредственно связана со строительством, в том числе и с реконструкцией промышленных зданий. Реконструкция, как известно, это комплекс организационно-строительных мероприятий и строительно-монтажных работ, в ходе которых меняется функциональное назначение, конфигурация и размеры здания, производится перепланировка или надстройка этажей, пристраиваются дополнительные площади для размещения технологического оборудования или обслуживающего персонала [2, 3].

Необходимость реконструкции, а именно пристройки дополнительных производственных площадей, вызвана тем, что размеры, объем и планировка помещений

перестают соответствовать бизнес-требованиям собственника, т.е. не позволяют увеличивать производственные мощности путем замены функционально устаревшего на новое, более современное технологическое оборудование, а также перепрофилирования производства на выпуск новой более востребованной продукции. Возведение дополнительных капитальных конструкций к существующему зданию также может быть вызвано выявленной недостаточной прочностью несущих и ограждающих конструкций по причине длительной эксплуатации здания или изменения состояния грунта [2, 3].

Цель исследования: выявить «узкие» места в реализации проектов строительства, в том числе проектов реконструкции на территории химического предприятия.

Материал для исследования: проекты реконструкции и строительства промышленных зданий и сооружений на территории химических предприятий.

Методы исследования: наблюдение, изучение и обобщение опыта взаимодействия строительных и химических предприятий в ходе реализации проектов.

Результаты исследования и их обсуждение

Химическое предприятие имеет ряд особенностей, от которых существенно зависит планирование и организация проектных мероприятий, связанных со строительством, в том числе и реконструкцией зданий [2]. Известно, что химическое производство – это совокупность процессов и операций, осуществляемых в машинах и аппаратах, эксплуатируемых в агрессивной среде при экстремальных температуре и давлении. В результате технологического процесса сырье меняет химический состав входящих в него веществ, получаются продукты с разными химическими и физическими свойствами (ядовитые, взрывчатые и другие опасные вещества (например, кислоты)). Производственный процесс включает в себя не только технологические, но и вспомогательные процессы, в частности эксплуатацию зданий, сооружений и оборудования.

На время любого вида ремонта технологического оборудования (аварийного, текущего, капитального) производство останавливается. Остановка производства – это достаточно сложный процесс, на который разрабатывается сетевой график. В нем присутствуют различные мероприятия, например, по закупке и поставке необходимых реагентов и материалов для нейтрализации технологической среды, операции по прекращению подачи сырья и ресурсов, по ликвидации выбросов в атмосферу и многие другие, что чревато рисками не только для персонала, но и для технологического оборудования. Поэтому остановка отдельных участков (цехов) допустима только при полном соблюдении технологического регламента данного производства и инструкций по рабочим местам в самых исключительных случаях [2].

Возведение пристройки (дополнительных несущих и ограждающих конструкций) к функционирующим зданиям часто производят без остановки технологического процесса. В этом случае в проект производства строительных работ закладывается наиболее рациональная последовательность мероприятий, учитывающая производственный процесс химического предприятия. Работы по реконструкции не должны помешать режиму работы других цехов и структурных подразделений, находящихся в непосредственной близости от реконструируемого объекта, т.е. Заказчик и Подрядчик обеспечивают нормальное функционирование прилегающих сооружений и зданий, поскольку технологический режим работы химического предприятия при строительстве не меняется [3, 4]. В плане проекта реконструкции Заказчик и Подрядчик отражают необходимые согласования с производственными структурами, участвующими в реализации проекта или смежными с ним. Закупку и поставку строительных материалов, изделий и конструкций осуществляет Заказчик при согласовании с Подрядчиком.

Однако проведение строительно-монтажных работ без остановки производства для строительной организации-исполнителя становится достаточно сложно выполнимой задачей. Условия проведения работ как внутри, так вне здания часто слишком стесненные: здания и сооружения расположены близко друг к другу, а помещения насыщены действующим оборудованием, коммуникациями, инженерными сетями, при этом присутствует повышенная пожаро- и взрывоопасность.

В ходе исследования, проведенного на кафедре строительства Череповецкого государственного университета, было выявлено, что проекты модернизации производственно-технологических систем (включающие реконструкцию зданий) химического предприятия имеют как постоянные (типичные) для всех проектов риски [5, 6], так и специфические (нетипичные), присущие только предприятиям химической отрасли, которые зачастую не принимаются строительными организациями во внимание:

– несоблюдение технологического режима и инструкций по рабочим местам при остановке производства не позволяет запустить производство в правильном режиме;

– остановка производства чревата химическими реакциями, в результате которых возможны химические отравления и химические ожоги персонала;

– быстрая коррозия металла под воздействием агрессивной химической среды;

– экологические катастрофы (аммиак, метанол, серная и фосфорная кислоты – яд): химическое заражение с возможным уничтожением персонала предприятия и части населения города;

– соблюдение правил безопасности во взрывоопасных и взрывопожароопасных химических производствах.

Так же в ходе анализа организации проектов реконструкции и нового строительства химических объектов были определены слабые («узкие») места, присутствующие на всех этапах жизненного цикла проекта.

По общей практике, 30–40 %, а то и больше строительно-монтажных работ передается генеральным подрядчиком, специализирующимся на ведении строительных работ в условиях химического предприятия, субподрядным организациям, которые выбираются, как правило, генеральным подрядчиком в соответствии со строительным контрактом на свое усмотрение. Безусловно, предпочтение отдается малым строительным предприятиям, предлагающим работы и услуги за невысокую стоимость. Субподрядные организации, полагаясь на опыт и компетентность генерального подрядчика, не всегда учитывают особенности химического предприятия, что формирует «узкие» места, связанные с организацией процесса реконструкции или нового строительства, а именно [7]:

1. Строительно-монтажные работы должны осуществляться с повышенными требованиями по соблюдению техники безопасности, пожаро- и взрывоопасности, поскольку химические предприятия относятся к категории А по пожаро- и взрывоопасности. Отсюда повышаются требования к квалификации производственного персонала строительной организации.

2. Производство химической продукции имеет непрерывный технологический цикл, и остановка производства всегда связана с рисками, способными пагубно сказаться на деятельности не только конкретного производства, но и всего предприятия. Тем не менее все участники проекта понимают, что сокращение продолжительности проекта может быть достигнуто только посредством остановки технологического оборудования. Без остановки сроки проекта увеличиваются. Чтобы сократить срок, строительные организации должны работать на объекте в три смены, т.е. непрерывно. Для подрядной организации в этих условиях затраты времени на подготовку к работам увеличиваются в 1,5–2 раза по сравнению с новым строительством [7]. Не менее чем в 2 раза увеличиваются и трудовые ресурсы.

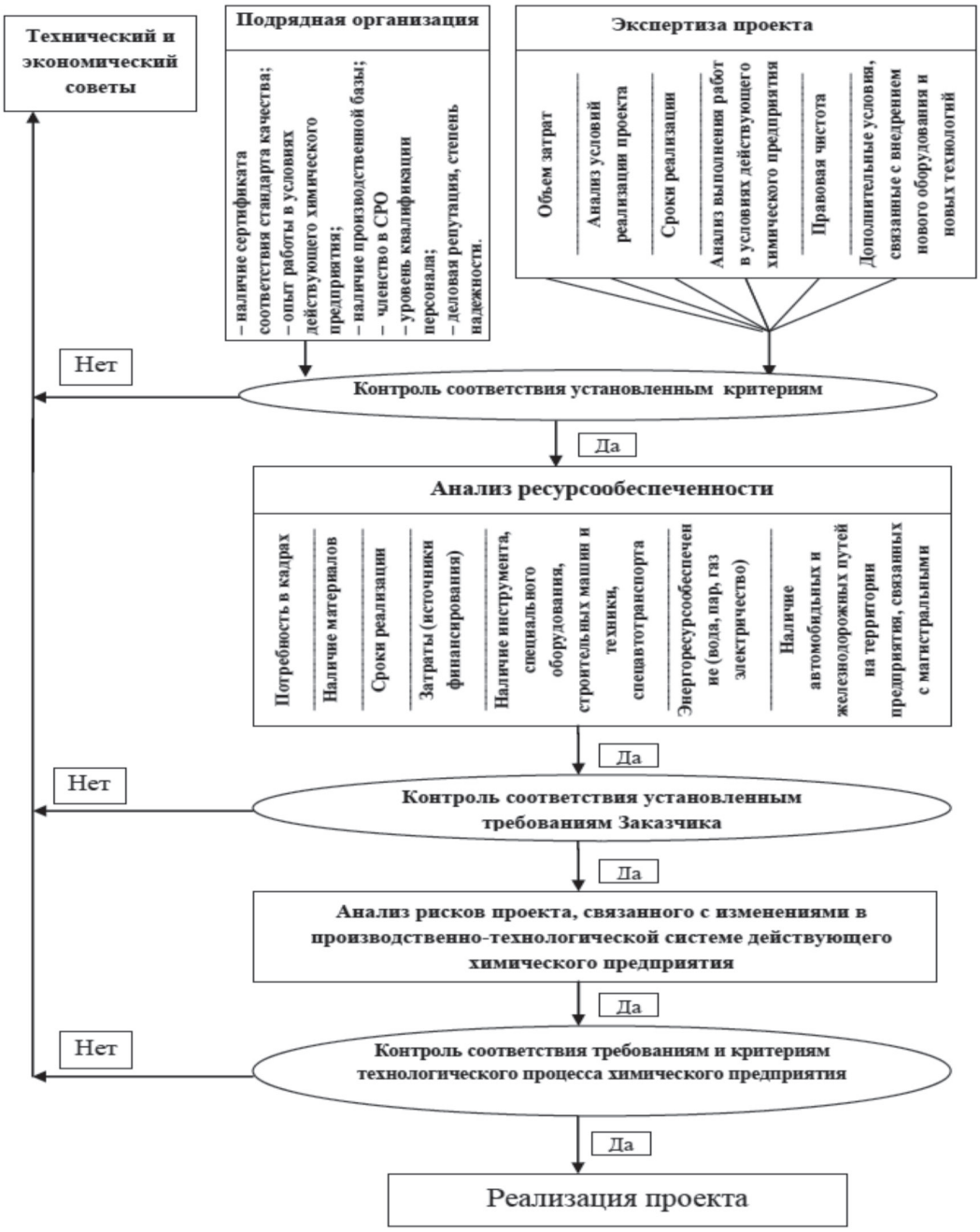
3. Строительно-монтажные работы выполняются в достаточно стесненных условиях, так как производственные здания и сооружения близко расположены друг к другу и насыщены действующим технологическим оборудованием, инженерными сетями и коммуникациями. А это значит, что должны использоваться малогабаритные погрузчики с навесным сменным оборудованием, малые экскаваторы, гидравлические установки для подъема конструкций, мобильные и малогабаритные установки для сверления отверстий, разрушения стен и фундаментов и других элементов в железобетонных конструкциях здания [4]. При этом необходимо брать во внимание и обеспечение безопасности транспортировки строительных конструкций и материалов по территории действующих производств [3, 4].

4. Снижение дополнительных нагрузок на существующий фундамент и несущие конструкции обеспечивается использованием легкобетонных элементов, легкосплавных конструкций, современных теплоизоляционных и гидроизоляционных материалов [3, 4], однако используемые строительные материалы, изделия и конструкции должны быть пригодны к эксплуатации в высокоагрессивной химической среде.

Особенности химического предприятия в обязательном порядке отражаются в проекте организации строительства (ПОС) и в проекте производства работ (ППР), в том числе сетевом графике и календарном плане производства строительно-монтажных работ, тем не менее анализ этих документов не во всех случаях выявил учет данных требований.

Кроме того, изучение проблемы показало, что на команду проекта воздействует огромное количество внешних факторов и, прежде всего, это само предприятие как внешнее окружение проекта. В качестве факторов, осложняющих организацию проектной деятельности и увеличивающих систематические ошибки персонала, можно назвать следующие:

– экономия на денежном вознаграждении работы команды проекта, и, как следствие в команду проекта не вовлекаются все необходимые специалисты с высокой профессиональной квалификацией;



Алгоритм принятия управленческого решения по бизнес-процессам проекта, реализуемого на химическом предприятии

– совмещение основных трудовых функций членов команды проекта с функциями по проекту, причем зачастую основные должностные обязанности выполняются первоочередно, а потом уже уделяется время вопросам реализации проекта.

При этом появляется необходимость не только учитывать риски, присущие проектам реконструкции и нового строительства на химическом предприятии, но и разрабатывать систему методов управления рисками проектов строительства. Смысл состоит в том, что первоначальная идентификация возможных рисков производственно-хозяйственной деятельности позволит не только найти причины их возникновения (в том числе присутствие на промышленном объекте лиц, не связанных трудовыми отношениями с химическим предприятием и, следовательно, способных не соблюдать повышенные требования техники безопасности во взрывоопасных и взрывопожа-

роопасных химических производствах), описать их возможные последствия, но и разработать компенсирующие или минимизирующие риски мероприятия на всех этапах жизненного цикла проекта строительства или реконструкции.

Несогласованность действий команды проекта и его участников ведет не только к увеличению сроков строительства, но и к увеличению стоимости проекта, а точнее к убыткам, что и наблюдается на практике. Решение проблемы заключается в следующих мероприятиях: усиление контроля за разработкой проектно-сметной документации и, прежде всего, за ППР со стороны Заказчика; усиление контроля за работой подрядных организаций на территории объекта повышенной опасности со стороны всех участников проекта; регулярный мониторинг и анализ текущего состояния дел, а также своевременное прогнозирование влияния фактически произведенных работ на дальнейшую реализацию проекта строительства (в том числе реконструкции здания) командой проекта.

Исходя из вышеизложенного, предлагается алгоритм принятия управленческого решения по бизнес-процессам проекта строительства в условиях производственно-технологической системы химического предприятия (рисунок).

Алгоритм представляет собой последовательность этапов:

– анализ подрядных организаций: генеральной и субподрядных, который осуществляется Заказчиком на этапе проведения тендера. Ключевыми критериями при выборе субподрядчиков должны быть: опыт работы в условиях действующего химического производства и квалификация персонала. Заключение прямого договора между Заказчиком и субподрядчиком допускает ст. 706, п. 4 ГК РФ;

– экспертиза проекта по заранее утвержденным Заказчиком критериям. На данном этапе Заказчик особое внимание уделяет ПОС, который разрабатывает генеральный подрядчик совместно с Заказчиком;

– анализ обеспеченности Заказчика материальными и финансовыми ресурсами: функции закупок и поставок строительных материалов, конструкций и изделий осуществляет Заказчик при согласовании с генеральным подрядчиком;

– анализ рисков проекта, реализуемого в условиях производственно-технологической системы химического предприятия и разработка мер по их минимизации или предотвращению;

– реализация проекта, сопровождаемая контролем со стороны всех участников проекта и анализом рисков проекта.

Каждый этап сопровождается контролем на соответствие установленным критериям и требованиям технологического процесса химического предприятия, который параллельно осуществляют специально созданные на время реализации проекта строительства технический и экономический советы. При несоответствии на любом этапе решение о реализации приостанавливается и по решению технического и/или экономического совета(ов) проводятся более углубленные анализы «узких мест».

Выводы

Малым строительным предприятиям в современных условиях приходится сложно не только конкурировать, но и существовать на рынке. Причины, как правило, во всех случаях одинаковые: квалификация руководителей и рабочих, собственное материально-техническое оснащение, используемые методы управления персоналом и рисками. Что касается управления рисками, то в малых организациях подобные системы управления не разрабатываются, руководители принимают решения, основываясь на своем опыте и интуиции, то же можно сказать и про управление персоналом. Крупные промышленные предприятия, желая протянуть руку помощи малому бизнесу, на практике получают убытки: увеличиваются сроки проекта, причиняется вред имуществу в результате некомпетентных действий строительных рабочих и др. Таким образом, учитывая специфические особенности производственно-хозяйственной деятельности строительного и химического предприятий, последним целесообразно предъявлять серьезные требования к подрядным организациям при их выборе.

Список литературы

1. Шичков А.Н. Экономика и менеджмент инновационных процессов в регионе / А.Н. Шичков / под ред. В.В. Глухова. – М.: Финансы и кредит, 2009. – 359 с.

2. Основы проектирования химических производств: учебник / С.И. Дворецкий, Д.С. Дворецкий, Г.С. Кормильцин, А.А. Пахомов. – М.: Спектр, 2014. – 356 с.

3. Шихов А.Н. Реконструкция гражданских и промышленных зданий / А.Н. Шихов. – Пермь: ИПЦ «Прокростъ», 2015. – 399 с.

4. Иванов Ю.В. Реконструкция зданий и сооружений: усиление, восстановление, ремонт: учебное пособие / Ю.В. Иванов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Изд-во АСВ, 2009. – 312 с.

5. Довженко Д.В. Организационное и ресурсное обеспечение высокорисковых проектов в химической промышленности: автореф. дис. … канд. экон. наук. – Москва, 2010. – 26 с.

6. Шарова А.А. Изучение опыта зарубежных предприятий в сфере управления рисками (на примере предприятий химической отрасли) / А.А. Шарова // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2011. – № 2(87). – С. 234–241.

7. Гендлина Ю.Б. К вопросу об управлении проектом реконструкции на химических предприятиях / Ю.Б. Гендлина, А.Г. Небродова // Наука и технологии: шаг в будущее – 2014: сб. материалов X междунар. науч.-практ. конф. – Прага, 2014. – Т. 6. – С. 70–72.

УДК 004.021:004.051

МЕТОД ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ФИЛЬТРАЦИИ ГЕОКООРДИНАТ

Головков А.А., Иванова Г.С.

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, Москва, e-mail: alexander.golovkov1@gmail.com

Мобильные устройства в настоящее время активно используются в областях логистики, технического обслуживания и производства. Ключевые возможности геоинформационных систем (ГИС) в данных сферах позволяют выполнять мониторинг перемещений и координировать действия полевых сотрудников, что тесно связано со сбором, обработкой, хранением, передачей и визуализацией геоданных. Модели и методы фильтрации данных местоположения, ориентированные на мобильные операционные системы, зачастую основаны на обработке информации в реальном времени. Их проектирование и разработка, а также экспериментальная оценка эффективности представляют собой нетривиальную задачу. Данная статья посвящена разработке метода оценки эффективности фильтрации геокоординат. В работе рассмотрены траектории движения, построенные по геоданным перемещаемых мобильных устройств, и предложен метод оценки качества фильтрации, основанный на определении значения функции ошибки, которая сравнивает временную и пространственную идентичность реального маршрута и траектории движения после фильтрации. Одной из особенностей метода является линейное время вычисления функции ошибки, что позволяет применять ее в качестве целевой функции при тренировке моделей машинного обучения в задачах фильтрации геокоординат в том числе в переносимых мобильных устройствах.

Ключевые слова: геоданные, функция ошибки, фильтрация, ГИС, траектория движения, оценка эффективности

METHOD FOR EVALUATING EFFICIENCY OF GEODATA FILTERING

Golovkov A.A., Ivanova G.S.

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, e-mail: alexander.golovkov1@gmail.com

Mobile devices are now actively used in the fields of logistics, maintenance and production. The key capabilities of geoinformation systems (GIS) in these spheres allow monitoring movements and coordinating the activity of field staff, which is closely related to the collection, processing, storage, transmission and visualization of geodata. Models and methods of filtering location data, oriented to mobile operating systems, are often based on real-time information processing. Their design and development, as well as the experimental evaluation of efficiency, is a non-trivial task. The article is devoted to the development of a method for evaluating the efficiency of geodata filtering. The motion trajectories, constructed from the geodata of moving mobile devices, are considered and a method for estimating the quality of filtering based on the determination of the error function value is proposed, which compares the temporal and spatial identity of the real route and the trajectory after filtration. One of the features of the method is the linear time for calculating the error function, which makes it possible to use it as an objective function in the training phase of machine learning models in geo-coordinate filtering challenges in portable mobile devices.

Keywords: geodata, error function, filtering, GIS, trajectory, evaluation of effectiveness

В настоящее время мобильные устройства широко используются в различных областях логистики, технического обслуживания и производства. Ключевые возможности геоинформационных систем (ГИС) в данных сферах позволяют выполнять мониторинг перемещений и координировать действия полевых сотрудников, что тесно связано со сбором, обработкой и хранением геоданных, поступающих с мобильных устройств [1–3]. Важность и актуальность задач обработки геолокационной информации обусловлена высокими требованиями к геоинформационным системам в различных областях применения [4–6].

Стратегия разделения ответственности по обработке геоинформации в ГИС, когда приоритет отдается мобильным приложениям, является предпочтительной. В этом случае существенно снижается нагрузка на серверную часть и уменьшается объем передаваемых данных, что в случае плохого соединения с сетью или полного отсутствия связи является ключевым фактором. Такая стратегия позволяет реализовать потоковую обработку данных в реальном времени на мобильном устройстве, что даст возможность получить высокоточные данные местоположения настолько быстро, насколько это возможно. Это, несомненно, важно для ГИС, которые предполагают немедленное реагирование на различные ситуации на основе данных местоположения.

Модели и методы фильтрации геоданных зачастую основаны на обработке информации в реальном времени [1, 2]. Их проектирование и разработка, а также экспериментальная оценка эффективности представляют собой нетривиальную задачу [7, 8]. Для оценки качества фильтрации обычно используют такую характеристику, как функцию ошибки, которую констру-

ируют исходя из оценки идентичности целевой функции (целевого, реального маршрута, Ground Truth) и предсказаний классификатора или траектории движения на выходе фильтрации, учитывая специфику предметной области, таким образом, чтобы ошибка была максимально достоверной для данной конкретной задачи [9–11]. Значение функции ошибки должно уменьшаться с увеличением качества работы модели. При этом решая задачу минимизации функции, возможно найти оптимальные параметры модели. В качестве функции ошибки наряду с евклидовой метрикой часто используют кросс-энтропию или функцию потерь Хьюбера.

Определение функции ошибки

Рассматривая задачу фильтрации геокоординат, целевой маршрут можно представить в виде ломаной линии, заданной вектором кортежей. Каждый кортеж состоит из набора параметров: времени, широты и долготы, которые определяют точку в трехмерном пространстве:

$$L_{groundTruth} = (\ldots, t_i, lat_i, lon_i, \ldots). \quad (1)$$

Траектория движения, полученная после фильтрации, также представляет собой ломаную:

$$L_{predicted} = (\ldots, t_j, lat_j, lon_j, \ldots). \quad (2)$$

Особенностью такого представления является то, что количество элементов в векторах $L_{groundTruth}$ и $L_{predicted}$ в общем случае может быть разным. Координаты широты $lat_i(lat_j)$ и долготы $lon_i(lon_j)$ могут быть также разными в обеих ломаных. Только по параметру $t_i(t_j)$ возможно однозначно определить две точки, соответствующие одному и тому же времени. По этому параметру существует некая неравномерная дискретизация координат: каждой единице времени t_k соответствует не менее одного кортежа t_k, lat_k, lon_k в векторах $L_{groundTruth}$ и *Lpredicted*. То есть возможны случаи, когда:

- $\exists t_k : \exists! t_k, lat_k, lon_k \in L_{groundTruth}, \nexists t_k, lat_{k2}, lon_{k2} \in L_{predicted}$;
- $\exists t_k : \nexists t_k, lat_{k1}, lon_{k1} \in L_{groundTruth}, \exists t_k, lat_k, lon_k \in L_{predicted}$;
- $\exists t_k : \exists! t_k, lat_{k1}, lon_{k1} \in L_{groundTruth}, \exists! t_k, lat_{k2}, lon_{k2} \in L_{predicted}$.

Задача оценки качества фильтрации сводится к сравнению идентичности двух ломаных $L_{groundTruth}$ и $L_{predicted}$ функцией ошибки $E_{loss} \in \mathbb{R}$ как по пространственным координатам lat_i и lon_i, так и по временным t_i. Чем больше различаются ломаные, тем больше должно быть значение ошибки E_{loss} и наоборот. В общем случае $E_{loss} \in [0;\infty)$. При этом известно, что ломаные изначально так расположены в пространстве, что $E_{loss} = \min$, так как всегда рассматривается одна и та же реальная траектория движения. Вектор $L_{predicted}$ в случае идеальной фильтрации должен совпадать с $L_{groundTruth}$, и $E_{loss} = 0$.

Идентичность ломаных в данном контексте следует понимать как степень соответствия каждой точки $L_{predicted}$ с соответствующей точкой в $L_{groundTruth}$. Степень подобия в отличие от идентичности не будет адекватной оценкой, поскольку ломаные могут быть схожи с высоким показателем подобия, однако расположены далеко друг от друга, при этом значение ошибки будет мало, что неверно.

Задача конструирования E_{loss} усложняется тем, что координаты точек на ломаных lat_i, lon_i и lat_j, lon_j – это геокоординаты в замкнутом пространстве, эллипсоиде, а не точки на плоскости. Расстояние от точки до прямой здесь определяется дугой. Перевод геокоординат в прямоугольную систему координат может добавить существенную погрешность определения значения функции ошибки.

Конструирование функции ошибки

Рассмотрим возможные решения задачи нахождения максимально достоверной функции E_{loss}.

1. Ковариационный анализ. Метод предполагает составление матрицы ковариации между распределенными величинами, которые являются координатами точек на двух ломаных $L_{predicted}$ и $L_{groundTruth}$. После составления матрицы анализируются коэффициенты корреляции. По их значениям возможно определить степень идентичности двух ломаных, однако метод применим только в случае одинаковой дискретизации точек на ломаных, что в данном случае неверно.

2. Анализ Фурье и сравнение спектров. Проблема здесь аналогична п. 1. Для ее разрешения возможно аппроксимировать дискретные функции $f_{t+dt} = (lat_i, lon_i)$ на интервалах времени $t + dt$ непрерывными функциями для каждой ломаной, выполнить передискретизацию по времени и сравнить непрерывные

функции ковариационным анализом, анализом Фурье или простым вычислением интеграла разницы функций на интервалах $t + dt$. Однако определение значения dt для максимально достоверной оценки представляет собой нетривиальную задачу. Дело в том, что ломаные могут описывать окружности на больших интервалах времени, и в таком случае аппроксимация не имеет смысла. На малых интервалах возможна большая погрешность вычисления ошибки E_{loss}.

Предложим три подхода, основанные на векторном представлении ломаных. Первый определяет E_{loss} как разницу сумм изменения углов направления по двум ломаным. Второй подход заключается в сдвиге всех векторов в начало координат и подсчете разницы общих площадей под двумя ломаными. Однако в обоих случаях оценка может быть недостоверна, так как возможно построить два различных трека с нулевой ошибкой E_{loss}. Третий подход предполагает попарное сравнение векторов, но здесь появляется проблема дискретизации.

Все рассмотренные подходы с высокой степенью недостоверности вычисляют ошибку E_{loss}. Для декомпозиции задачи попробуем выделить частные случаи анализа двух ломаных. Допустим, моменту времени t_k соответствуют две точки на обеих ломаных, то есть:

$$\exists t_k : \exists! t_k, lat_{k1}, lon_{k1} \in L_{groundTruth}, x_{k1} = \left(lat_{k1}, lon_{k1}\right)$$

и $\exists! t_k, lat_{k2}, lon_{k2} \in L_{predicted}, x_{k2} = \left(lat_{k2}, lon_{k2}\right)$.

Ошибка здесь очевидно пропорциональна расстоянию между двумя точками x_{k1} и x_{k2} в метрах:

$$E^1_{loss} \sim D\left(x_{k1}, x_{k2}\right), \quad (3)$$

где D – функция расстояния между точками x_{k1} и x_{k2}.

Рассмотрим второй случай, когда

$$\exists t_k : \exists! t_k, lat_k, lon_k \in L_{groundTruth},$$
$$x_k = \left(lat_k, lon_k\right), \nexists t_k, lat_{k2}, lon_{k2} \in L_{predicted}$$

или

$$\exists t_k : \nexists t_k, lat_{k1}, lon_{k1} \in L_{groundTruth},$$

$$\exists t_k, lat_k, lon_k \in L_{predicted}, x_k = \left(lat_k, lon_k\right),$$

то есть для момента времени t_k существует только одна точка на одной из ломаных. Выполнение любого из условий сводится к одной и той же задаче, поэтому далее будем рассматривать точку t_k, lat_k, lon_k на одной ломаной ($L_{groundTruth}$ или $L_{predicted}$), для которой нет соответствующей точки на другой ломаной ($L_{predicted}$ или $L_{groundTruth}$). Ошибка здесь пропорциональна расстоянию от точки x_k на первой ломаной до точки на второй ломаной $\widetilde{x_l}$ в метрах, которая на самом деле отсутствует:

$$E^2_{loss} \sim D\left(x_k, \widetilde{x_l}\right), \quad (4)$$

Эту точку целесообразно определить как местоположение на второй ломаной в момент времени t_k. За $\widetilde{x_l}$ можно взять существующую точку на второй ломаной, ближайшую к моменту времени t_k. Однако данный подход может существенно увеличить погрешность определения итоговой ошибки E_{loss}, так как ближайшая точка по времени может располагаться на значительном расстоянии от x_k. Для нивелирования погрешности следует учитывать разницу во времени, что представляет собой нетривиальную задачу.

Второй способ определения $\widetilde{x_l}$ заключается в нахождении на второй ломаной двух точек $x_l = \left(lat_l, lon_l\right)$ и $x_{l+1} = \left(lat_{l+1}, lon_{l+1}\right)$, предыдущей и следующей по отношению к моменту времени t_k. Такой подход привнесет в определение ошибки E_{loss} не только оценку пространственной идентичности ломаных, но и временной. Следует учитывать, что в начале и/или в конце трека на одной из ломанных может не быть точек x_l и/или x_{l+1}. В этом случае ошибка пропорциональна расстоянию до существующей точки x_l или x_{l+1}:

$$E^2_{loss} \sim D\left(x_k, x_l\right), \quad (5)$$

$$E^2_{loss} \sim D\left(x_k, x_{l+1}\right). \quad (6)$$

Если обе точки присутствуют на ломаной, имеем треугольник с геокоординатами x_l, x_{l+1} и x_k, и ошибка определяется как

$$E^2_{loss} \sim D\left(x_k, \widetilde{x_l}\right) = D'\left(x_k, x_l, x_{l+1}\right), \quad (7)$$

где D' – функция расстояния между точкой x_k и дугой, составленной из точек x_l и x_{l+1}.

Рассмотрим подходы для определения функции D'.

1. Определение D' и $\widetilde{x_l}$ по скорости. В качестве $\widetilde{x_l}$ здесь рассматривается точка, которая находится на отрезке $\left(x_l, x_{l+1}\right)$, на расстоянии $d_{l,k}$ от x_l. При этом $d_{l,k}$ – расстояние, которое возможно преодолеть за время $t_{k-l} = t_k - t_l$ со скоростью spd_l. Время t_l здесь соответствует кортежу t_l, lat_l, lon_l, spd_l – моментальная скорость в точке x_l. Итоговая ошибка определяется расстоянием между x_k и $\widetilde{x_l}$:

$$E^2_{loss} \sim D\left(x_k, \widetilde{x_l}\right) = D'\left(x_k, x_l, x_{l+1}\right) = D\left(x_k, \widetilde{x_l}\right). \quad (8)$$

Однако скорость spd_l может быть определена с большой погрешностью; движение в интервале времени от t_l до t_k может быть неравномерным, что предполагает учет ненулевого ускорения и/или градиентов ускорения, погрешность вычисления которых может лишь расти по отношению к погрешности определения spd_l. В результате накопленная ошибка для E^2_{loss} может быть значительна.

2. Определение D' как длины кратчайшего отрезка дуги от точки x_k до отрезка дуги (x_l, x_{l+1}). При этом необходимо рассмотреть случаи, когда:

● точка $\widetilde{x_l}$ на дуге (x_l, x_{l+1}), которая лежит на кратчайшем отрезке дуги, не лежит на отрезке дуги (x_l, x_{l+1}). В этом случае в качестве E^2_{loss} следует использовать расстояние до ближайшей точки:

$$E^2_{loss} \sim D\left(x_k, \widetilde{x_l}\right) = D'\left(x_k, x_l, x_{l+1}\right) = \min\left(D\left(x_k, x_l\right), D\left(x_k, x_{l+1}\right)\right). \quad (9)$$

● точка $\widetilde{x_l}$ на дуге (x_l, x_{l+1}), которая лежит на кратчайшем отрезке дуги, лежит на отрезке дуги (x_l, x_{l+1}). В этом случае ошибка пропорциональна кратчайшему расстоянию:

$$E^2_{loss} \sim D\left(x_k, \widetilde{x_l}\right) = D'\left(x_k, x_l, x_{l+1}\right) = D\left(x_k, \widetilde{x_l}\right). \quad (10)$$

3. Определение D' как разницы расстояний. Данный подход предполагает расчет D' как разницы суммы расстояний от x_l до x_k, от x_k до x_{l+1} и от x_l до x_{l+1}:

$$E^2_{loss} \sim D\left(x_k, \widetilde{x_l}\right) = D'\left(x_k, x_l, x_{l+1}\right) = D\left(x_l, x_k\right) + D\left(x_k, x_{l+1}\right) - D\left(x_l, x_{l+1}\right). \quad (11)$$

Иллюстрация приведена на рисунке.

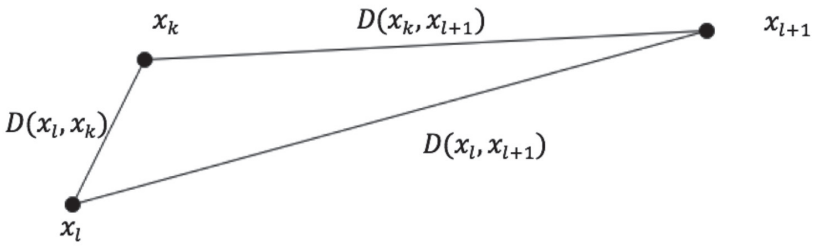


Иллюстрация расчета значения D' как разницы расстояний

Прямые между точками на рисунке эквивалентны дугам. Функция E^2_{loss} отражает оценку расстояния между x_k и дугой (x_l, x_{l+1}). Чем меньше E^2_{loss}, тем ближе точка x_k к дуге (x_l, x_{l+1}), чем больше – тем дальше. Если $E^2_{loss} = 0$, точка x_k лежит на дуге.

Исходя из минимизации погрешности и трудоемкости определения функции E_{loss} был выбран подход, учитывающий расстояние между точками в случае присутствия обеих точек в определенный момент времени на двух ломаных $L_{predicted}$ и $L_{groundTruth}$ и разницу расстояний между точками (см. п. 3 выше) в противном случае.

Поскольку ошибка может быть неабсолютной величиной и не должна в общем случае отражать какие-либо параметры траектории движения, например сумму отклонений расстояний и др., знаки пропорциональности в формулах (1) и (9) заменим на знаки равенства. Общая ошибка E_{loss} будет являться квадратным корнем из среднеквадратической ошибки модели – отношения суммы квадратов расстояний E^1_{loss} или E^2_{loss} в зависимости от наличия или отсутствия обеих точек на двух ломаных соответственно к количеству точек:

$$E_{loss} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{N_{\max}} E_i^{\,2}}{N_{\max}}}, \quad (12)$$

где $N_{max} = \max\left(N_{predicted}, N_{groundTruth}\right)$, так как вычисление ошибки должно быть выполнено для каждой точки ломаных $L_{predicted}$ и $L_{groundTruth}$;

$E_i = D\left(x_{i,1}, x_{i,2}\right), x_{i,1} = \left(lat_{i,1}, lon_{i,1}\right), x_{i,2} = \left(lat_{i,2}, lon_{i,2}\right)$, при условии, что $t_i, lat_{i1}, lon_{i1} \in L_{groundTruth}$ и $t_i, lat_{i2}, lon_{i2} \in L_{predicted}$. В противном случае, когда на одной из ломаных нет точки в момент t_i, т.е. $x_i = \left(lat_i, lon_i\right) = \left(lat_{i,1}, lon_{i,1}\right), t_i, lat_{i1}, lon_{i1} \in L_{exist} = L_{groundTruth}$ и $t_i, lat_{i2}, lon_{i2} \notin L_{notExist} = L_{predicted}$ или $t_i, lat_{i1}, lon_{i1} \notin L_{notExist} = L_{groundTruth}$ и $x_i = \left(lat_i, lon_i\right) = \left(lat_{i,2}, lon_{i,2}\right)$,

$t_i, lat_{i2}, lon_{i2} \in L_{exist} = L_{predicted}$:

- $E_i = D(x_i, x_l)$, при $x_l = (lat_l, lon_l), t_l, lat_l, lon_l \in L_{notExist}$, $t_l < t_i$, если $\forall t_{l+1} > t_i : \nexists t_{l+1}, lat, lon \in L_{notExist}$;
- $E_i = D(x_i, x_{l+1})$, при $x_{l+1} = (lat_{l+1}, lon_{l+1}), t_{l+1}, lat_{l+1}, lon_{l+1} \in L_{notExist}$, $t_{l+1} > t_i$, если $\forall t_{l-1} < t_i : \nexists t_{l-1}, lat, lon \in L_{notExist}$;
- $E_i = D(x_l, x_i) + D(x_i, x_{l+1}) - D(x_l, x_{l+1})$, при $x_l = (lat_l, lon_l), t_l, lat_l, lon_l \in L_{notExist}$ и $x_{l+1} = (lat_{l+1}, lon_{l+1}), t_{l+1}, lat_{l+1}, lon_{l+1} \in L_{notExist}$.

Стоит отметить, что алгоритм вычисления значения функции ошибки для одной траектории выполнится за линейное время, и его вычислительная сложность

$$Q = O(N_{\max}). \quad (11)$$

Заключение

В работе предложен метод расчета функции ошибки для оценки качества фильтрации геокоординат. Рассмотренный метод учитывает как оценку пространственной идентичности траекторий движения, так и временной, учитывая специфику предметной области задачи. Преимуществом метода является линейное время вычисления функции ошибки, что позволяет использовать его в качестве целевой функции при тренировке моделей машинного обучения в задачах фильтрации геокоординат, в том числе в переносимых мобильных устройствах. В качестве недостатка метода стоит отметить отсутствие учета метрики пространства в случае сравнения близости точки к отрезку дуги. Принимая во внимание скоростные и временные показатели движения, возможно сделать оценку более достоверной.

Список литературы

1. Головков А.А. Источники геоданных в мобильных устройствах / А.А. Головков // Динамика сложных систем – XXI век. – 2017. – № 4. – С. 94–101.

2. Головков А.А., Иванова Г.С. Адаптивная фильтрация потока геолокационных данных в реальном времени // Наука и Образование. МГТУ им. Н.Э. Баумана. Электрон. журн. – 2016. – № 4 [Электронный ресурс]. URL: http://technomag.edu.ru/jour/article/download/10/12 (дата обращения: 30.03.2018).

3. Макаренко Г.К. Исследование алгоритма фильтрации при определении координат объекта по сигналам спутниковых радионавигационных систем / Г.К. Макаренко, А.М. Алешечкин // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2012. – № 2–2 (26). – С. 15–18.

4. Прохорцов А.В. Методы определения координат и скорости подвижных объектов с помощью спутниковых радионавигационных систем / В.В. Савельев, А.В. Прохорцов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2011. – № 2. – С. 264–274.

5. Jaime Gomez-Gil, Ruben Ruiz-Gonzalez, Sergio Alonso-Garcia, Francisco Javier Gomez-Gil. A Kalman Filter Implementation for Precision Improvement in Low-Cost GPS Positioning of Tractors // Sensors. – 2013. – no. 13. – P. 15307–15323.

6. Салычев О.С. MEMS/GPS – малогабаритная интегрированная навигационная система / О.С. Салычев // Геопрофи. – 2013. – № 3. – С. 16–17.

7. Weiliang Zeng, Tomio Miwa, Takayuki Morikawa. Exploring Trip Fuel Consumption by machine Learning from GPS and CAN Bus Data // Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies. – 2015. – vol. 11. – P. 906–921.

8. Huiqin Li, Gang Wu. Map Matching for Taxi GPS Data with Extreme Learning Machine // Advanced Data Mining and Applications: 10th International Conference proceedings. – 2014. – P. 447–460.

9. Katherine Ellis, Suneeta Godbole, Simon Marshall, Gert Lanckriet, John Staudenmayer, Jacqueline Kerr. Identifying active travel behaviours in challenging environments using GPS, accelerometers, and machine learning algorithms // Frontiers in Public Health. – 2014. – vol. 2. – P. 1–8.

10. Christian Manasseh, Raja Sengupta. Predicting driver destination using machine learning techniques // 16th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems. – 2013. – P. 142–147.

11. Abhishek Goswami, Luis E. Ortiz, Samir R. Das. WiGEM: a learning-based approach for indoor localization // CoNEXT '11 Proceedings of the Seventh COnference on emerging Networking EXperiments and Technologies, 2011.

УДК 621.313.13:621.311

ПЕРЕПРОЕКТИРОВАНИЕ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ С ПРИМЕНЕНИЕМ ПРИНЦИПА СОВМЕЩЕННЫХ ОБМОТОК НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОМПЬЮТЕРНЫХ МОДЕЛЕЙ КАК СРЕДСТВО УЛУЧШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЭЛЕКТРОПРИВОДОВ

[1]Дуюнов Д.А., [1]Дуюнов Е.Д., [2]Теплова Я.О., [3]Колдаев В.Д., [4]Кошлич Ю.А.

[1]ООО «АС и ПП», Москва, e-mail: dyunov@yandex.ru;

[2]ООО «АСпромт», Москва, e-mail: yana.teplova@gmail.com;

[3]ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Москва, e-mail: koldaev.v@mail.ru;

[4]ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова», Белгород, e-mail: koshlich@yandex.ru

Статья посвящена исследованию возможностей повышения энергетических и эксплуатационных характеристик электроприводов на базе асинхронных электрических двигателей (АСД). Предложена технология повышения энергоэффективности АСД, основанная на применении новых конструкций так называемых совмещенных обмоток и метода машинного проектирования. Проектирование выполняется на основе компьютерного моделирования и разработки конструктивных решений по результатам анализа моделей и компьютерных симуляций. Предлагаемые решения реализованы на практике. Исследованы результаты сравнительных испытаний образцов серийно производимого двигателя общепромышленного назначения стандартного исполнения и модернизированного двигателя с заменой обмоток. Установлено, что применение решений позволяет существенно улучшать эксплуатационные характеристики двигателя. Выполнено компьютерное моделирование работы серийно выпускаемого асинхронного двигателя в стандартном исполнении, двигателя с совмещенными обмотками (модернизированного) и перепроектированного. Результаты моделирования показали, что модернизация приводит к существенному снижению общих потерь в элементах магнитопровода двигателя, повышению его перегрузочной способности и повышению удельной мощности. Также выявлена целесообразность перепроектирования серийных двигателей в зависимости от режимов работы, области применения и т.д. Установлено снижение энергопотребления для исследуемого двигателя на 12–14%. В целом использование совмещенных обмоток для двигателей, работающих с регулярно меняющейся нагрузкой и при перепадах питающего напряжения, а также их перепроектирование на основе анализа результатов компьютерного моделирования позволяет существенно снижать потребление электроэнергии.

Ключевые слова: электропривод, асинхронный двигатель, совмещенные обмотки, энергоэффективность, эксплуатационные характеристики привода, компьютерное моделирование

INDUCTION MOTORS REDESIGN USING THE COMBINED WINDINGS PRINCIPLE BASED ON COMPUTER MODELS STUDY AS A MEANS OF IMPROVING THE ENERGY-EFFICIENCY AND PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF ELECTRIC DRIVES

[1]Duyunov D.A., [1]Duyunov E.D., [2]Teplova Ya.O., [3]Koldaev V.D., [4]Koshlich Yu.A.

[1]«AS & PP» LLC, Moscow, e-mail: dyunov@yandex.ru;

[2]«ASpromt» LLC, Moscow, e-mail: yana.teplova@gmail.com;

[3]National Research University of Electronic Technology (MIET), Moscow, e-mail: koldaev.v@mail.ru;

[4]The Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov», Belgorod, e-mail: koshlich@yandex.ru

The article is dedicated to the study of ways for improving electric drives based on induction motors (IM) power and performance characteristics. The technology of increasing IM energy effectiveness based on new schemes of so-called combined windings construction and computer-aided design method is proposed. The CAD method is based on computer simulation and construction solutions development using results of computer models and simulations analysis. The results of comparative tests of a standard-produced general industries electric motor with standard design, a modernized motor with the standard windings replaced by the combined ones are studied. The results showed that implementing the proposed solutions allows significantly improve IM performance characteristics. The computer simulation of the mass-produced asynchronous motor in the standard version, the engine with the combined windings (modernized) and the redesigned was carried out. The simulation results showed that modernization leads to a significant reduction in overall losses in motor magnetic circuit elements, increases its overload capacity and the specific power. Also, the practicability of motors redesign is revealed due to the significant possibilities of operational characteristics improving depending on the operation modes, the field of application, etc. A decrease in energy consumption for the engine under study was found to be 12-14%. In general, the use of combined windings for IM operation with a regularly changing load and with variations in the supply voltage, as well as their redesign based on analysis of the computer simulation results, can significantly reduce power consumption.

Keywords: electric drive, induction motor, combined windings, energy efficiency, drive operational characteristics, computer simulation

В числе ключевых стратегических задач развития экономики выделяют задачи энергосбережения и снижения энергоемкости ВВП (Федеральный закон № 261-ФЗ). Энергосбережение в любой сфере сводится по существу к снижению потерь энергии. Известно, что большая часть потерь (до 90 %) приходится на сферу энергопотребления. Структуру потребителей электроэнергии обобщенно можно представить следующим образом: электроприводы, в первую очередь общепромышленного назначения, – 62 %, электрический транспорт – 9 %, электротермия и электротехнология – 8 %, освещение и прочие потребители – 21 %. Наиболее широко в составе электропривода применяются асинхронные электродвигатели (АД). На сегодняшний день насчитываются тысячи видов и наименований таких машин, применяемых практически во всех областях деятельности. Соответственно, задачи улучшения характеристик АД представляются ключевыми в контексте снижения энергоемкости технологических процессов [1, 2]. Так, в странах Европейского союза Директива ЕС 640/2009, предписывающая соответствие требованиям класса энергоэффективности IE3 (Premium Efficiency), начиная с января 2015 г. распространяется на двигатели номинальной мощностью 7,5–375 кВт и с 2017 г. на двигатели мощностью 0,75–375 кВт [3].

Со времени изобретения АД лишь в течение последних десятилетий технология их изготовления подвергалась модернизации: за рубежом в заметном количестве на фоне мирового годового выпуска более 7 млрд двигателей производятся так называемые энергоэффективные двигатели. Необходимо отметить, что они достигают наилучших характеристик в номинальных режимах при постоянных нагрузке и напряжении питающей трехфазной сети. При этом в условиях реальной эксплуатации большинства электрических приводов значительная часть времени работы АД приходится на переходные процессы. Соответственно, применяемые энергоэффективные АД не могут заменить в большинстве случаев, как правило, более дорогостоящие и менее надежные двигатели постоянного тока.

На сегодняшний день повышение энергоэффективности АД достигается преимущественно за счет увеличения доли новых дорогостоящих электротехнических материалов. В качестве возможных путей решения задач улучшения энергетических и эксплуатационных характеристик АД предлагается применение новых конструкций совмещенных обмоток (СО), при которых схемы обмоток совмещают в себе соединения типов «звезда» и «треугольник» [4, с. 150, 5], а также использование специализированных информационных технологий и компьютерных моделей для проектирования и перепроектирования энергоэффективных электрических машин. Технология СО имеет доказанную эффективность, подтвержденную опытно-промышленной эксплуатацией на предприятиях в РФ модернизированных серийных АД, при этом не утрачивает актуальности необходимость ее развития и создания новых конструктивных решений, удовлетворяющих повышающимся требованиям к качеству технологических процессов [6, с. 12].

На сегодняшний день широко применяются методы математического описания оборудования, расчета и анализа электромагнитных и электромеханических процессов, а также методы решения задач, которые возникают в процессе моделирования и анализа конструкций электроприводов. Одной из центральных задач машинного проектирования АД является моделирование параметров электромагнитных полей с достаточной точностью и достоверностью для разработки конструктивных решений, обеспечивающих улучшение прежде всего моментных характеристик АСД [7, с. 34, 35, 8, с. 43]. Ряд ученых и специалистов считают, что проектирование современных асинхронных двигателей с позиций идеализированной асинхронной машины является недостаточно обоснованным, потому что использование аналитической теории асинхронной машины в некоторых случаях приводит к возникновению существенных погрешностей при проектировании. Для проектирования АД рекомендуют применять аналитическую теорию асинхронной машины с учетом того, что допущения идеализированной машины зачастую могут приводить к наличию значительных погрешностей.

Для решения задач повышения энергоэффективности АД и реализации преимуществ конструкций СО предложена разработка конструктивных решений на основе параметрической оптимизации и расчета характеристик АД в специализированных программных средах. В частности, для расчета, моделирования разработки и проверки конструктивных решений была выбрана среда ANSYS Maxwell. Она позволяет выполнять аналитический расчет характеристик электрической машины с учетом ее типа, геометрических параметров, свойств материалов, параметров обмоток, моделирования напряженности магнитного поля, индукции, магнитного потока и др., использовать параметрический анализ и методы

оптимизации, а также работать с постпроцессором для расчета и оптимизации решений, основанных на анализе создаваемых компьютерных моделей [9]. При моделировании АСД исследуются конструкции обмоток и элементов магнитопровода машины для создания конструктивных решений, обеспечивающих достижение целевых показателей выбранных параметров, а также учитываются результаты промежуточных испытаний создаваемых образцов для доработки моделей и решений [10, с. 47].

Сравнение результатов серии проведенных лабораторных испытаний общепромышленных АСД с результатами анализа моделей тех же машин показало расхождения, не превышающие 1 %, что позволило сделать вывод о высокой достоверности методов машинного проектирования, основанных на исследовании компьютерных моделей, создаваемых с помощью выбранного инструментария.

В табл. 1 представлены результаты измерения электрических параметров в ходе сравнительных испытаний АД АИР 71В4 с неизмененной заводской трехфазной обмоткой и с разработанной на основе результатов моделирования совмещенной обмоткой статора, выполненных на базе лаборатории БГТУ им. В.Г. Шухова: 1 – АСД заводского исполнения, 2 – модернизированный АСД с СО. В качестве нагрузки к выходной цепи генератора присоединялись автомобильные лампы накаливания, набранные группами для создания нагрузки в (10, 25, 50, 75, 100, 125) % от паспортной номинальной мощности АД (0,75 кВт).

Рис. 1–3 иллюстрируют изменения характеристик АД в результате замены обмоток на совмещенные.

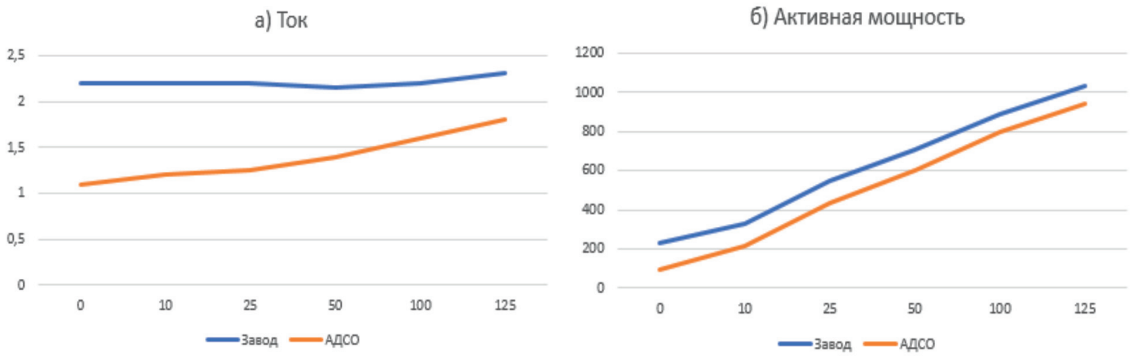


Рис. 1. Графики тока и активной мощности сравниваемых образцов АД

Таблица 1

Результаты сравнительных испытаний АД АИР 71В4 в заводском исполнении и после модернизации

Нагрузка, % от номинальной	0 (без ремня)		10		25		50		75		100		125		Улучшение характеристики, раз
	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
Ток, А	2,2	1,1	2,2	1,2	2,2	1,25	2,15	1,4	2,2	1,6	2,3	1,8	2,5	2,13	2,00
Активная мощность Р	228	91	331	212	545	433	705	600	890	794	1030	945	1300	1235	2,51
Реактивная мощность ВАр	1520	796	1430	780	1350	753	1283	743	1250	760	1200	770	1158	823	1,91
Полная мощность ВА	1540	800	1470	803	1450	872	1470	954	1527	1104	1585	1217	1748	1490	1,93
Cos φ (коэффициент мощности)	0,14	0,12	0,22	0,26	0,3	0,36	0,47	0,72	0,58	0,72	0,65	0,77	0,74	0,83	1,17

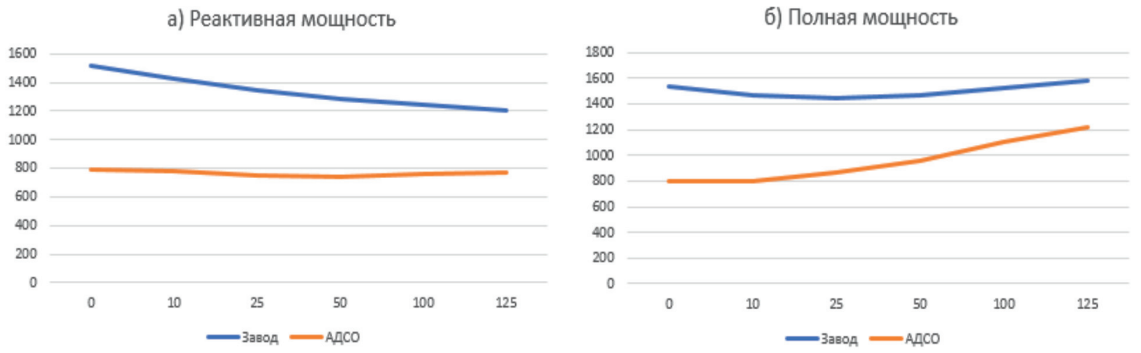


Рис. 2. Графики реактивной мощности и полной мощности сравниваемых образцов АД

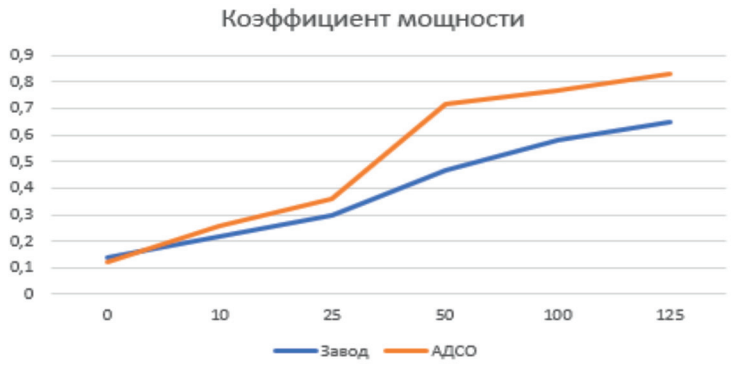


Рис. 3. Графики изменения коэффициента мощности сравниваемых образцов АД

Было установлено, что значительное изменение основных характеристик АД № 2 обусловлено непосредственно модернизацией и находится за пределами погрешности измерений. Зафиксировано существенное улучшение характеристик АД практически во всех режимах и рост КПД в более широком диапазоне нагрузок. Результаты позволяют сделать вывод о том, что в процессе реальной эксплуатации привод с модернизированным двигателем позволит получить сокращение энергопотребления в пределах 14–20 % от фактического потребления привода с двигателем в заводском исполнении.

Необходимо отметить, что внесенные изменения ограничивались заменой обмоток статора двигателя № 2: были изменены схема укладки катушек статора и коммутация катушек в соответствии со схемой СО, при этом механическая часть двигателя изменениям не подвергалась.

Помимо возможностей модернизации существующего парка электрических машин в процессе исследования применения СО и реализации их преимуществ также рассматриваются возможности создания новых конструктивных решений и перепроектирования применяемых АД [11, с. 60, 12].

В табл. 2 представлены результаты проведенного моделирования и сравнения (расчетные) работы электродвигателей АДММ56А2: в стандартном исполнении (1), перемотанного (2 – модернизированного аналогично упомянутому выше двигателю АИР 71В4) и перепроектированного (3), т.е. подвергнутого как замене схемы обмоток, так и изменению механических частей, в частности геометрических параметров пластин ротора и статора.

Результаты расчетов и анализа моделей говорят о существенном улучшении моментных характеристик модернизированного (перемотанного) и в особенности перепроектированного двигателя, что может быть использовано для снижения энергопотребления и повышения качества технологических процессов в механизмах с переменной производительностью для АД в составе частотно регулируемого привода.

Установлено значительное повышение КПД перепроектированного и модернизированного АСД в широком диапазоне нагрузок, также характерном для электроприводов, работающих преимущественно за пределами номинальных режимов.

Таблица 2

Результаты моделирования работы АД АДММ56А2

Характеристика	№ 1	№ 2	№ 3
Номинальная мощность, кВт	0,18		
Номинальный момент, Н*м	0,66		
Номинальное скольжение,%	13		
Номинальные обороты, об/мин	2610		
Обороты при номинальном моменте, об/мин	2830,22	2847,92 (+0,6%)	2884,49 (+1,9%)
Момент при номинальных оборотах, Н*м	1,19	1,37 (+15,12%)	1,73 (+45,37%)
Пусковой момент, Н*м	1,31	2,12 (+61,83%)	2,92 (+122,9%)
Максимальный момент, Н*м	1,66	2,17 (+30,72%)	2,92 (+75,9%)
КПД при загрузке 100% номинала стандартного двигателя,%	78,01	87,88 (+9,87)	85,56 (+7,55)
КПД при загрузке 75% номинала стандартного двигателя,%	77,8	86,76 (+8,96)	82,69 (+4,89)
КПД при загрузке 50% номинала стандартного двигателя,%	73,2	83,2 (+10)	79,04 (+6,02)
КПД максимальный,%	78,05	88,18 (+10,13)	86,48 (+8,43)

Кроме приведенных, имеется ряд результатов, доказывающих целесообразность и практическую значимость примененных методов машинного проектирования электрических машин, в частности АСД, на основе анализа компьютерных моделей, а также модернизации существующего парка машин [13, с. 45]. В частности, применение СО, а также перепроектированных элементов магнитопровода АД для ряда машин общепромышленного и специального назначения позволило добиться существенного улучшения энергетических и эксплуатационных характеристик, в частности снижения энергопотребления от 12 до 50–60% при той же полезной работе, увеличение срока службы приводов за счет снижения уровня вибраций, снижение уровня электромагнитных помех, генерируемых в сеть, возможность повышения класса энергоэффективности АД и перевода оборудования на использование двигателей меньшей мощности.

Тем не менее следует отметить необходимость и возможность усовершенствования используемых решений. В частности, специалисты отмечают недостаточную изученность частотного механизма управления АД (частотно-регулируемый привод) [13, с. 43], особенно в сетях с тяговыми нагрузками, что снижает надежность энергосистем и эффективность мер по энергосбережению. Результаты моделирования, опытно-промышленной эксплуатации энергоэффективных электроприводов на базе АД с СО и результаты исследования их влияния на питающие сети позволяют сделать также обоснованные предположения о том, что масштабное внедрение таких приводов позволит обеспечить и устойчивость энергосистем с относительно небольшими издержками за счет снижения уровня генерируемых помех [14, с. 168, 169]. В связи с этим решение задач, связанных с этой проблемой, в совокупности с внедрением методов и средств повышения энергоэффективности электроприводов на базе АД представляется перспективным и актуальным направлением развития электротехнической отрасли.

Список литературы

1. Fleiter T., Eichhammer W., Schleich J. Energy efficiency in electric motor systems: Technical potentials and policy approaches for developing countries // United Nations Industrial Development Organization. – 2011 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.retawprojects.com/uploads/energy_efficiency_in_electirc_motor_system.pdf (дата обращения: 28.02.2018).

2. Brodd. K. Advanced Energy Selected for Accredited Motor Repair Pilot Program [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.advancedenergy.org/2015/07/22/advanced-energy-selected-for-accredited-motor-repair-pilot-program/ (дата обращения: 20.03.2018).

3. ГОСТ IEC 60034-30-1-2016. Машины электрические вращающиеся. Часть 30-1. Классы КПД двигателей переменного тока, работающих от сети (код IE). – М.: Стандартинформ, 2017. – 18 с.

4. Schreicher L., Bendl J., Chomat M. Analysis of properties of induction machine with combined parallel star-delta stator winding // Maszyne Elektryczne – Zeszyty Problemove. – 2017. – vol. 113, no. 1. – P. 147–153.

5. Пат. 2507664 Российская Федерация, МПК7 Н 02 К 3/28, Н 02 К 17/12. Малошумный асинхронный двигатель / Агриков Ю.М., Дуюнов Д.А., Блинов В.Л., Яковлев И.Н.; заявитель и патентообладатель ООО «АС и ПП». – № 2011151274/07; заявл. 14.12.2011; опубл. 20.02.2014, Бюл. № 5. – 3 с.

6. Разработка метода повышения энергоэффективности электрических приводов на базе асинхронных двигателей с совмещенными обмотками / Д.А. Дуюнов [и др.] // Оборонный комплекс – научно-техническому прогрессу России. – 2017. – № 2. – С. 11–17.

7. Оптимизация ряда интеллектуальных энергосберегающих асинхронных двигателей с совмещенными обмотками с 100 и 132 габариты / К.А. Змиева [и др.] //

Электротехнические комплексы и системы управления. – 2013. – № 3. – С. 32–37.

8. Булатов Л.Н. Динамическая модель асинхронной машины с прямым обращением к конечно-элементной модели магнитного поля / Л.Н. Булатов, А.И. Тихонов // Вестник Ивановского государственного энергетического университета. – 2013. – № 1. – С. 40–44.

9. Базовый курс. Задачи моделирования электрических машин в ANSYS Maxwell 2D/3D: [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://cae-expert.ru/education/bazovyy-kurs-zadachi-modelirovaniya-elektricheskih-mashin-v-ansys-maxwell-2d3d (дата обращения: 20.04.2018).

10. Морозов К. Новый асинхронный двигатель для транспорта / К. Морозов // ProТранспорт. – 2014. – № 5. – С. 46–47.

11. Кононенко К.Е. Основной резерв повышения энергоэффективности асинхронных двигателей с коротозамкнутым ротором / К.Е. Кононенко, А.В. Кононенко, С.В. Крутских // Известия высших учебных заведений. Электромеханика. – 2012. – № 1. – С. 54–60.

12. Пат. 2568672 Российская Федерация, МПК[7] Н 02 К 17/12, Н 02 К 3/28. Малошумный энергоэффективный электропривод / Агриков Ю.М., Дуюнов Д.А., Дуюнов Е.Д., Блинов В.Л., Яковлев И.Н.; заявитель и патентообладатель ООО «АС и ПП». – № 2014132978/07; заявл. 11.08.2014; опубл. 20.11.2015, Бюл. № 32. – 3 с.

13. Дейнего В.Н. Изменение обмоток асинхронных электродвигателей – потенциал обеспечения надежности электросетей / В.Н. Дейнего, Д.А. Дуюнов, В.Ф. Иванов // Электроэнергия. Передача и распределение. – 2015. – № 2(29). – С. 42–49.

14. Schreicher L., Bendl J., Chomat M. Effect of combined stator winding on reduction of higher spatial harmonics in induction machine // Electrical Engineering. – 2017. – vol. 99, no. 1. – P. 161–169.

УДК 629.76(083.7)

СПОСОБ ФОРМИРОВАНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА СОВЕРШЕНСТВУЕМЫХ ЭЛЕМЕНТОВ СПЕЦИАЛЬНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ КОМАНДНЫХ ПУНКТОВ

[1]Жеребцов Е.А., [2]Решетников Д.В., [3]Тришункин В.В.

[1]ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище противовоздушной обороны» Министерства обороны Российской Федерации, Ярославль, e-mail: reshetnikovdv@yandex.ru;

[2]ФГБВОУ ВО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского» Министерства обороны Российской Федерации, Санкт-Петербург, e-mail: reshetnikovdv@yandex.ru;

[3]Воздушно-космические силы Министерства обороны Российской Федерации, Москва

При принятии обоснованных решений о совершенствовании специальных технических систем командных пунктов необходимо учитывать его моральное старение при одновременном учете многих аспектов (обеспечения качества выполнения целевых задач, повышения надежности оборудования, снижения экономических затрат). В статье предложен способ формирования рационального состава совершенствуемых элементов специальных технических систем командных пунктов. Данный способ предназначен для осуществления синтеза варианта совершенствования специальных технических систем командных пунктов такого, что значения показателей качества соответствуют предъявляемым к ним требованиям. Способ отличается от известных тем, что для оценки качества перспективных вариантов состава совершенствуемых элементов использован обобщенный показатель изменения технического уровня, характеризующий степень совершенства этих вариантов над базовым. Предложенный способ формирования рационального состава совершенствуемых элементов специальных технических систем командных пунктов включает в себя алгоритм оценивания изменения обобщенного технического уровня специальных технических систем командных пунктов и способ решения однокритериальной задачи. Для решения однокритериальной задачи условной оптимизации при нелинейной целевой функции разработан алгоритм, который включает в себя метод Ψ-преобразования, метод штрафных функций, метод направляющих окрестностей.

Ключевые слова: модернизация, совершенствование, рациональный состав элементов, математическое моделирование, технические средства

METHOD OF FORMING A RATIONAL PART OF IMPROVING ELEMENTS OF SPECIAL TECHNICAL SYSTEMS OF COMMAND POSTS

[1]Zherebtsov E.A., [2]Reshetnikov D.V., [3]Trishunkin V.V.

[1]Yaroslavl Higher Military School of Air Defense, Yaroslavl, e-mail: reshetnikovdv@yandex.ru;

[2]MozhaiskyMilitary Space Academy, St. Petersburg, e-mail: reshetnikovdv@yandex.ru;

[3]Russian Aerospace Defense Forces, Moscow

When making informed decisions on improving the special technical systems of command posts, it is necessary to take into account its moral aging, while taking into account many aspects (ensuring the quality of target tasks, improving the reliability of equipment, reducing economic costs). In the article the method of formation of rational composition of improved elements of special technical systems of command posts is offered. This method is intended for implementation of synthesis of option of improvement of special technical systems of command points such that values of indicators of quality conforms to the requirements imposed to them. The method differs from the known in that to assess the quality of perspective variants of the composition of the improved elements, a generalized indicator of changes in the technical level characterizing the degree of perfection of these variants over the basic one is used. In addition, the synthesis algorithm of the optimal composition improving items to solve a single-criterion task of conditional optimization with a nonlinear objective function, the algorithm of synthesis of optimal composition improving items, which includes a method Ψ-conversion, penalty method, the method guides the surrounding area.

Keywords: modernization, improvement, a balanced composition of elements, mathematical modeling, hardware

Основными вариантами развития существующих специальных технических систем (СТС) командных пунктов (КП) в условиях жестких требований по оперативности ввода СТС КП в строй и существенных финансовых ограничений являются: модернизация, дооборудование и доработки [1]. Кроме того, отличительной особенностью создания новой инфраструктуры КП является широкомасштабное повторное использование СТС, ранее эксплуатировавшегося или хранившегося на существующих объектах. Следовательно, необходимо иметь четкое представление, каким образом сформировать рациональный состав совершенствуемых элементов СТС КП. Кроме того, для принятия обоснованных решений о совершенствовании СТС КП необходимо учитывать его моральное старение при одновременном учете многих аспектов (обеспечения качества выполнения целевых задач, повышения надежности оборудования, снижения экономических затрат).

Проведенный анализ современного состояния научно-методического аппарата формирования рационального состава совершенствуемых элементов сложных технических систем, к которым можно отнести СТС КП, выявил значительное количество литературы, посвященное различным аспектам этой проблемы [1–3]. Однако существует необходимость дальнейшего развития научно-методического обеспечения в направлении наиболее полного учета особенностей объекта исследования, а также технических и экономических аспектов условий его применения [4].

Исследование процессов совершенствования представляет собой двухкомпонентную проблему, которая состоит из задачи оценивания уровня развития СТС и задачи синтеза перспективной СТС.

Алгоритм оценивания изменения обобщенного технического уровня СТС КП

Научно-технический прогресс в области развития технических систем привел к постоянному улучшению всего спектра количественных и качественных показателей. Это относится и к СТС КП. Вместе с тем остро стоит вопрос об оценке технического уровня существующих СТС КП, а также как он изменится при их модернизации.

В общем случае, технический уровень представляет собой совокупность технических показателей качества СТС, характеризующих его соответствие лучшим отечественным и зарубежным образцам с учетом перспектив развития техники и технологий. То есть для определения абсолютного значения требуется привлечение большого массива информации из различных отраслей науки и техники. Для решения частных задач можно ограничиться определением изменения технического уровня СТС КП.

Для того чтобы свести к обобщенному показателю ряд частных показателей, их необходимо привести к безразмерной шкале, т.е. каждому показателю r_i, имеющему размерность и свою шкалу измерения, ставится в соответствие i-е значение безразмерного показателя p_i шкалы [2]:

$$p_i = \frac{\left| r_i^{\text{нов}} - r_i^{\text{ст}} \right|}{r_i^{\text{ст}}}, \qquad (1)$$

где $r_i^{\text{нов}}$ – новое значение i-го показателя; $r_i^{\text{ст}}$ – старое значение i-го показателя.

Этот показатель p_i показывает относительное изменение i-го показателя при выборе стратегии проведения совершенствования по сравнению с i-м показателем действующей СТС КП.

Старое (базовое) значение i-го показателя может быть получено в результате технического и экономического мониторинга или взято из технической документации (Формуляр, Паспорт, Техническое описание и пр.).

Новое значение i-го показателя рассчитывается при помощи различных физико-статистических методов, т.е. по каждому выбранному показателю проводится расчет значений в зависимости от варианта совершенствования

$$r_i^{\text{нов}} = f(x_{1i}, x_{2i}, ..., x_{ni}), \qquad (2)$$

где x_{ji} – i-й показатель j-го элемента СТС; n – количество элементов СТС.

При оценивании технического уровня используются лишь некоторые показатели качества, которые относительно полно характеризуют качество или исследуемый аспект качества СТС.

Для формирования определяющих показателей качества было предложено проделать совокупность операций: построение «морфологического ящика», отбор важных параметров и формирование иерархической структуры качества объекта.

Выбранные параметры обладают разной степенью важности в случае применения исследуемого объекта по целевому назначению, в связи с этим необходимо ввести коэффициенты относительной важности параметра.

Коэффициенты относительной важности параметра ω_i могут быть назначены лицом, принимающим решение, или в результате обработки матриц парных сравнений методом собственных значений, разработанный Т. Саати

$$p_{\omega i} = \omega_i \cdot p_i, \; i = \overline{1,n}, \qquad (3)$$

В результате преобразований (1)–(3) получаем параметр относительного изменения i-го параметра СТС КП, масштабированный в зависимости от предпочтений группы экспертов.

Таким образом, в показателе изменения обобщенного технического уровня отражено изменение ключевых показателей СТС, т.е.

$$\Delta P^{\text{ОБЩ}} = F(p_1, p_2, ..., p_N), \qquad (4)$$

или

$$\Delta P^{\text{ОБЩ}} = \frac{\left(\sum_{j=1}^{N-M} (\omega_j \cdot p_j)^2 \right)^{\frac{1}{2}}}{\left(\sum_{i=1}^{M} (\omega_i \cdot p_i)^2 \right)^{\frac{1}{2}}}, \qquad (5)$$

где ω_i – коэффициент важности i-го параметра; p_i – относительное изменение i-го показателя;

N – количество параметров СТС КП;
M – количество улучшенных параметров СТС КП.

Очевидно, что если выполняется неравенство

$$\Delta P^{\text{ОБЩ}} > 1, \quad (6)$$

то это свидетельствует о повышении технического уровня СТС КП после проведения работ по совершенствованию.

Если же для показателя (7) выполняется неравенство

$$0 \le \Delta P^{\text{ОБЩ}} < 1, \quad (7)$$

то это свидетельствует о снижении технического уровня исследуемого объекта.

Функция (5) является нелинейной и многоэкстремальной, что свидетельствует о необходимости разработки комбинированного метода нахождения оптимального решения.

Алгоритм синтеза оптимального состава совершенствуемых элементов на основе метода Ψ-преобразования

Задача формирования рационального состава совершенствуемых элементов СТС КП является однокритериальной.

В связи с особенностями предложенной целевой функции (отсутствие явного аналитического представления, ее нелинейность и многоэкстремальность) был разработан алгоритм решения однокритериальной задачи синтеза, который представляет собой комбинацию нескольких методов. Данный алгоритм основан на объединении алгоритма определения области притяжения глобального экстремума (метод Ψ-преобразования, комбинированный с методом штрафных функций) и алгоритма поиска локального целочисленного экстремума (метод направляющих окрестностей).

Метод Ψ-преобразования, комбинированный с методом штрафных функций, лежит в основе алгоритма решения релаксированной задачи синтеза оптимального состава совершенствуемых элементов СТС. Данный алгоритм предназначен для определения области притяжения глобального экстремума. Применение штрафных функций упрощает попадание в область допустимых решений, благодаря чему сокращается время, расходуемое на статистические испытания.

Для нахождения целочисленного решения однокритериальной задачи применен метод направляющих окрестностей, в основе которого лежат идеи методов вектора спада и возможных направлений.

Задачу синтеза оптимального состава совершенствуемых элементов СТС КП возможно сформулировать в следующем виде:

Дано:

$$s_{ij\langle k\rangle} = (x_{ij1}, x_{ij2}, ..., x_{ijk})^T,$$
$$i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,l}_i, k = \overline{1,l}, \quad (8)$$

$$t_{ij}^{CB} = f(s_{ij\langle k\rangle}),\ i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,l}_i, k = \overline{1,l}, \quad (9)$$

$$C_{ij}^{CB} = C_{ij}^{CB}(s_{ij\langle k\rangle}),\ i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,l}_i, k = \overline{1,l}, \quad (10)$$

$$C_{ij}^{\text{Э}} = C_{ij}^{\text{Э}}(s_{ij\langle k\rangle}),\ i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,l}_i, k = \overline{1,l}, ..., l. \quad (11)$$

$t_{\max}^{CB}$ – директивное время, отводимое на проведение совершенствования элемента СТС КП;

$C_{\text{д}}^{CB}$ – директивное количество затрат, отводимое на проведение совершенствования СТС КП.

Данные (8)–(11) заданы таблично в виде реляционной базы данных, сформированных на основе имитационного моделирования или другим способом.

Найти: вектор рационального состава совершенствуемых элементов СТС КП

$$\vec{G}_{\langle n\rangle} = \left(g_{1l_1}, g_{2l_2}, ..., g_{nl_n}\right)^T, \quad (12)$$

где $g_{ij\langle 3\rangle} = \left\langle s_{ij\langle k\rangle}, C_{ij}^{CB}, t_{ij}^{CB}\right\rangle$ – j-й вариант совершенствования i-го элемента СТС КП;

$s_{ij\langle k\rangle}$ – набор значений k параметров j-го варианта совершенствования i-го элемента СТС КП;

t_{ij}^{CB} – продолжительность проведения работ по совершенствованию i-го элемента СТС;

C_{ij}^{CB} – показатель затрат на проведение работ по совершенствованию i-го элемента СТС;

при котором максимизируется обобщенный показатель изменения технического уровня $\Delta P^{\text{ОБЩ}}$

$$\vec{G}_{\langle n\rangle} = \left(g_{1l_1}, g_{2l_2}, ..., g_{nl_n}\right)^T : \Delta P^{\text{ОБЩ}} \to \max. \quad (13)$$

Результатом решения задачи синтеза состава элементов СТС КП является спектр рациональных составов совершенствования элементов $\vec{G}_{\langle n\rangle} = \left(g^1, g^2, ..., g^n\right)^T$.

Предложенная задача однокритериальной оптимизации (13) является задачей оптимизации с ограничениями или задачей условной оптимизации.

Целевая функция (5) является нелинейной относительно вектора переменных (12), т.е. рассматриваемая задача оптимизации относится к задачам нелинейного программирования.

В процессе поиска оптимального решения может достигаться локальный максимум (вектор $\vec{G}^*_{\langle n\rangle}$), когда соответствующая ему точка оказывается лучшей в некоторой

окрестности точки G^*, или глобальный оптимум, если изображающая точка является наилучшей среди всего множества допустимых решений.

Особенности, рассмотренные выше, обуславливают структуру алгоритма решения задачи, блок-схема которого представлена на рисунке.

Решение задач нелинейного программирования при наличии ограничений в виде неравенств возможны благодаря работам Куна, Таккера.

Для решения подобных задач необходимо использовать штрафные функции, благодаря которым задача с ограничениями в виде неравенств фактически сводится к задаче без ограничений.

Применение штрафных функций упрощает попадание в область допустимых решений, благодаря чему сокращается время, расходуемое на статистические испытания.

Для применения метода штрафных функций формируется новая функция $\Phi(g)$, которая при определении максимума имеет вид

$$\Phi(g) = \Delta P^{\text{ОБЩ}}(g) - \sum_{i=1}^{m} \gamma_i d_i(g), \qquad (14)$$

здесь

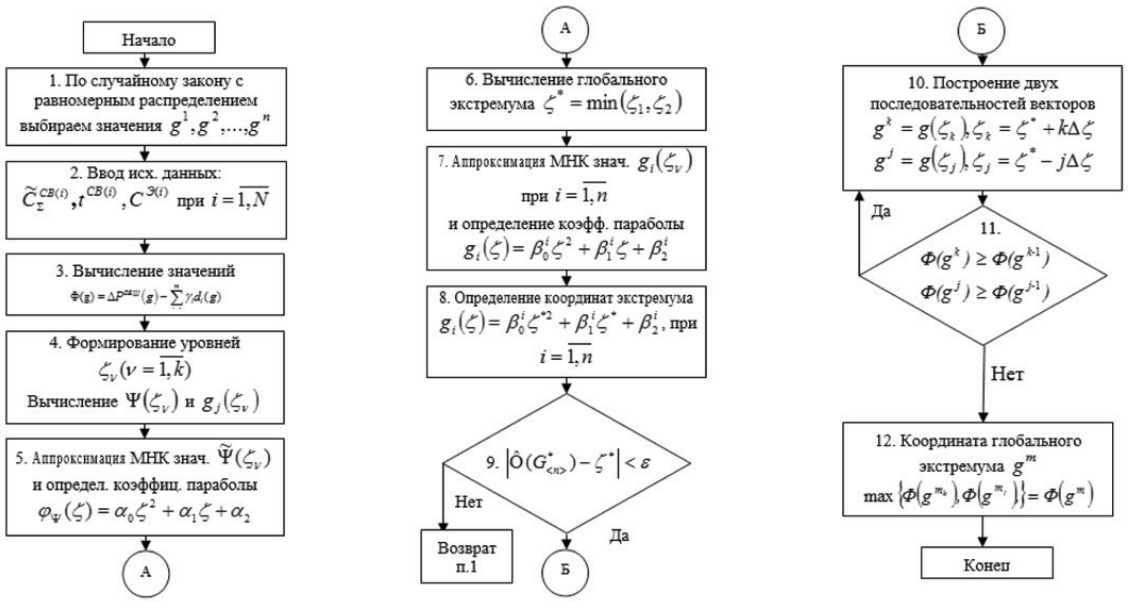
$$\gamma_i = \begin{cases} 0, & \text{при} \quad d_i(g) \le b_i, \\ c, & \text{при} \quad d_i(g) > b_i, \end{cases} \qquad (15)$$

где c – штрафная константа.

Полученный при помощи метода Ψ-преобразования вектор $\vec{G}^*_{\langle n \rangle} = \left(g_{1l_1}, g_{2l_2}, ..., g_{nl_n}\right)^T$ является *нецелочисленным*, т.е. он является недостижимым *рекордом.* Для получения целочисленного решения необходимо воспользоваться методом целочисленного программирования. Общеизвестно, что наиболее простым и точным методом поиска решения подобных задач является метод полного перебора. Однако тривиальный подход полного перебора практически осуществим лишь для задач с единичными размерностями реальных исходных данных, т.е. требуется применение специальных алгоритмов, с помощью которых удается уменьшить трудоемкость решения задачи.

Для этого предлагается использовать один из прямых методов локальной оптимизации – метод направляющих окрестностей. Этот метод представляет собой итерационный метод приближенного решения целочисленных задач выпуклого программирования, в основу которого положены идеи двух известных методов – метода возможных направлений и вектора спада.

В случае если полученное в результате работы алгоритма локальной оптимизации решение оказалось хуже, чем наилучшая реализация из базы данных, для которой рассчитан обобщенный показатель изменения технического уровня, то предлагается использовать метод отсечения для поиска локальных экстремумов [5].



Блок-схема алгоритма синтеза оптимального варианта совершенствования СТС КП методом Ψ-преобразования

Таким образом, применение метода Ψ-преобразования обусловлено его особенностями и предназначено для поиска области притяжения глобального экстремума релаксированной задачи (снято ограничение на целочисленность). Применение штрафных функций упрощает попадание в область допустимых решений, что сокращает количество статистических испытаний.

Для нахождения целочисленного решения применяется метод направляющих окрестностей, который предназначен для локального поиска оптимального решения.

Для оценивания достоверности научно-методического обеспечения, приведённого в статье, проведено сравнение результатов моделирования с результатами экспериментального расчета (различие результатов составило 7%), а также проведено исследование чувствительности моделей к изменению исходных данных, возможным нарушениям допущений и предположений.

Выводы

Разработан способ решения задачи по формированию рационального состава совершенствуемых элементов СТС КП. Он включает в себя алгоритм оценивания изменения обобщенного технического уровня СТС и способ решения однокритериальной задачи. Данный способ отличается от известных тем, что для оценки качества перспективных вариантов состава совершенствуемых элементов использован обобщенный показатель изменения технического уровня, характеризующий степень совершенства этих вариантов над базовым. Кроме того, для решения однокритериальной задачи условной оптимизации при нелинейной целевой функции разработан алгоритм синтеза оптимального состава совершенствуемых элементов, включает в себя метод Ψ-преобразования, метод штрафных функций, метод направляющих окрестностей.

Список литературы

1. Буренок В.М., Погребняк Р.Н., Скотников А.П. Методология обоснования перспектив развития средств вооруженной борьбы общего назначения: учебное пособие. – М.: Машиностроение, 2010. – 368 с.

2. Гасюк Д.П., Хрулев В.Л. Законы и принципы развития и функционирования системы обеспечения ракетных войск и артиллерии ракетами и боеприпасами в современных условиях // Известия Российской академии ракетных и артиллерийских наук. – СПб.: НПО СП, 2015. – С. 20–22.

3. Буренок В.М. Направления и проблемы создания системы вооружения будущего // Вестник Академии военных наук. – М.: Академии военных наук, 2016. – С. 24–28.

4. Дьяков А.Н., Кокарев А.С., Решетников Д.В. Моделирование системы технического обслуживания и ремонта сложных технических систем ракетно-космических комплексов // Труды Военно-космической академии имени А.Ф. Можайского. Вып. 645. / под общ. ред. Ю.В. Кулешова. – СПб.: ВКА имени А.Ф. Можайского, 2014. – С. 23–29.

5. Хедли Дж. Нелинейное и динамическое программирование. Пер. с англ. – М.: Мир, 1967. – 508 с.

УДК 691.5:666.971

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА МЕЛКОЗЕРНИСТОГО ШЛАКОБЕТОНА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МЕТОДОМ БЕЗОПАЛУБОЧНОГО ФОРМОВАНИЯ

Завьялова Д.В.

ФГБОУ ВО «Череповецкий государственный университет», Череповец, e-mail: darevnaz@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию рационального состава мелкозернистого шлакобетона для производства железобетонных изделий методом безопалубочного формования. В работе представлены результаты экспериментальных исследований по применению отсева шлакового щебня в качестве минеральной тонкомолотой добавки и заполнителя в мелкозернистых конструкционных шлакобетонах. Установлен рациональный состав тонкомолотой добавки при совместном помоле гранулированного доменного шлака и отсева шлакового щебня. Рациональные пределы доли добавки в вяжущем составляют 0,4–0,5. При вводе шлаковой добавки наблюдается повышение активности вяжущего на 15–20%; теплопроводность вяжущего с увеличением доли добавки монотонно уменьшается. Подбор рационального состава мелкозернистого шлакобетона проводился с привлечением математического метода планирования эксперимента. По результатам эксперимента рассчитаны уравнения регрессии, выражающие зависимость прочности, плотности и теплопроводности мелкозернистого шлакобетона, и построены графики, отображающие полученные зависимости. Приведены составы мелкозернистых шлакобетонов, рекомендованные для производства железобетонных изделий методом безопалубочного формования. Согласно результатам испытаний, удельный расход цемента на единицу прочности в рекомендуемых составах мелкозернистого шлакобетона составляет на 40–45% меньше, чем в традиционных бетонах без тонкомолотой полифракционной шлаковой добавки. Практическая реализация результатов представленных исследований позволит организовать рациональное использование отсева шлакового щебня при производстве высокоэффективных минеральных тонкомолотых шлаковых добавок и конструкционных мелкозернистых шлакобетонов с относительно низкой теплопроводностью и удельным расходом цемента.

Ключевые слова: отсев шлакового щебня, тонкомолотая добавка, мелкозернистый шлакобетон, прочность, теплопроводность, ресурсоэффективность

STUDY OF THE RATIONAL COMPOSITION OF FINE-GRAINED SLAG CONCRETE FOR THE PRODUCTION OF PRODUCTS BY THE METHOD OF FORMWORK MOLDING

Zavyalova D.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Cherepovets State University, Cherepovets, e-mail: darevnaz@mail.ru

The results of experimental studies on the application of residue of slag crushed stone as a mineral fine-ground additive and aggregate in fine-grained structural slag concretes are presented in the article. The rational composition of a fine-ground additive in a joint grinding of granulated blast furnace slag and residue of slag crushed stone is established. The rational limits of the additive in the binder are 0.4-0.5. When you enter the slag additive, there is an increase in the activity of the binder by 15-20%; thermal conductivity of the binder with an increase in the proportion of the additive monotonically decreases. Selection of the rational composition of fine-grained slag concrete was carried out with the involvement of the mathematical method of experiment planning. The regression equations expressing the dependence of strength, density and thermal conductivity of fine-grained slag concrete based on the results of the experiment are calculated and graphs showing the obtained dependencies are constructed. Compositions of fine-grained slag concretes recommended for the production of reinforced concrete products by the method of formwork molding are presented. According to the test results, the specific consumption of cement per unit of strength in the recommended compositions of fine-grained slag concrete is 40-45% less than in traditional concrete without fine-grinding slag additives. The practical realization of the results of the presented research will allow to organize the rational use of residue of slag crushed stone in the production of high-performance mineral fine-ground slag additives and structural fine-grained slag concrete with a relatively low thermal conductivity and specific consumption of cement.

Keywords: residue of slag crushed stone, fine-ground additive, fine-grained slag concrete, strength, thermal conductivity, resource efficiency

В настоящее время в России всё больше предприятий по производству сборного железобетона начали переходить на безопалубочную технологию непрерывного формования преднапряжённых железобетонных конструкций и изделий на длинномерных стендах. Достоинства данной технологии заключаются в отказе от применения дорогостоящих оборотных стальных форм, уменьшении удельных расходов цемента и металла, исключении пропарки изделий. Всё это позволяет снизить себестоимость продукции [1].

Перспективным направлением при использовании данной технологии является замена традиционных тяжёлых бетонов на мелкозернистые бетоны различного состава. В качестве мелкого заполнителя в таких бетонах могут применяться мелкофракционные отходы различных производств, в том числе и шлаки металлургической промышленности.

Таблица 1

Фракционный состав и основные характеристики отсева шлакового щебня

Остаток	Остатки на ситах, % по массе					Проход через сито с сеткой № 0,16, % по массе	Модуль крупности	Насыпная плотность, кг/м^3
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16			
Частный	20,18	13,58	20,64	20,93	14,45	9,08	2,73	1100–1300
Полный	20,18	33,76	54,40	75,33	89,78	98,86		

Таблица 2

Характеристики минеральных добавок

Показатели	Тонкомолотая минеральная добавка	
	Отсев шлакового щебня	Гранулированный доменный шлак
Удельная поверхность, м^2/кг	300–400	300–400
Модуль основности	0,965	0,99
Модуль активности	0,32	0,33
Силикатный модуль	2,94	2,97

Актуальным вопросом, требующим дополнительных исследований, является применение в мелкозернистых бетонах отсева (фр. < 5 мм) шлакового щебня, который пока не нашёл широкого использования в строительной практике [2–4].

На Череповецком металлургическом комбинате накоплен значительный объём данного отсева, получаемого в процессе производства шлакового щебня и разделения его на фракции (5–20, 20–40, 40–70 и более). Примерный выход отсева составляет 0,2–0,3 м^3 на 1 м^3 щебня. Использование отсева крайне ограничено из-за отсутствия сертификатов и технологических регламентов.

Цель исследования – создание ресурсоэффективного мелкозернистого шлакобетона на отсеве шлакового щебня, обладающего универсальными теплозащитными и прочностными эксплуатационными характеристиками. Данный вид бетона предназначен для производства железобетонных изделий методом безопалубочного формования.

На первом этапе была сделана оценка фракционного состава и физико-химических характеристик в сравнении с традиционно выпускаемым шлаковым щебнем и гранулированным доменным шлаком (табл. 1, 2). Оценка показала, что данный материал соответствует требованиям ГОСТ 31424-2010 «Материалы строительные нерудные из отсевов дробления плотных горных пород при производстве щебня. Технические условия» и может быть рекомендован для применения в бетонах.

Для выработки рекомендаций по использованию отсева в бетонах было выбрано два направления:

1) в качестве минеральной тонкомолотой добавки как активного компонента по замене части вяжущего;

2) в качестве заполнителя для мелкозернистых конструкционных бетонов. При этом учитывался известный факт [2] – шлакосодежащие вяжущие обладают меньшим коэффициентом теплопроводности, чем другие виды цементов.

Исследование минеральной тонкомолотой добавки из отсева шлакового щебня

Оценка качества минеральной тонкомолотой добавки проводилась методом сравнения с добавкой, получаемой при помоле гранулированного доменного шлака. Экспериментальный анализ показал, что при помоле гранулированного шлака и отсева шлакового щебня до одинаковой удельной поверхности в лабораторной шаровой мельнице, время помола последнего на 35–40 % меньше (рис. 1), а следовательно, и меньше удельные энергетические затраты, которые ещё больше увеличиваются за счёт предварительной сушки гранулированного шлака.

Активность полученных шлаковых добавок проверялась на образцах цементно-шлакового вяжущего по ГОСТ 30744-2001 «Методы испытаний с использованием полифракционного песка». Использовался ЦЕМ I 42,5Н производства ПАО «Мордовцемент». Относительные показатели прочности и теплопроводности смешанных вяжущих (28 суток твердения в нормальных условиях) приведены на рис. 2. Установлено, что влияние шлаковых добавок на показатели активности и теплопроводность шлакоцементных вяжущих практически идентичны. При расходе добавок 35–40 % в общем объёме вяжущего наблюдается повышение активности на 15–20 %; теплопроводность вяжущего с увеличением доли добавки монотонно уменьшается. Аппрок-

симация полученных результатов выражается зависимостями (1, 2), отражающими тенденцию влияния шлаковых добавок на указанные свойства.

$$R_в = R_ц [1 + 1{,}5Д(1 – 1{,}7Д)], \quad (1)$$

$$\lambda_в = \lambda_ц (1– 0{,}45Д). \quad (2)$$

Известно [5], что активность минеральных добавок на основе доменных шлаков связана с их минеральным и фазовым составами. Наибольшей активностью обладают шлаковые добавки, содержащие 35–45 % кристаллической фазы. Учитывая, что гранулированный шлак имеет 90–95 % стеклофазы, было предложено формировать двухкомпонентную шихту для получения минеральной добавки, содержащей 60–70 % гранулированного шлака и 30–40 % отсева шлакового щебня, содержащего более 70 % кристаллической фазы (рис. 3). Данная рецептура шихты была рекомендована для промышленного изготовления добавки на мельницах типа роторно-вихревая и шаровая.

Механоактивация данной шихты создала условия формирования усредненного фазового состава, соответствующего требованиям повышенной активности и получения шлаковой добавки, содержащей в своём составе при заданной тонкости помола 350–400 м^2/кг, порядка 20 % более грубых дисперсных частичек удельной поверхностью 250–300 м^2/кг (остаток на сите 008), представляющих в основном граншлаковый компонент. В ходе исследования данной добавки были установлены рациональные пределы доли добавки в вяжущем, равные 0,4–0,5, при которых относительная активность шлакоцементного вяжущего увеличивалась на 15–20 %, относительная теплопроводность уменьшалась на 25–35 % в сравнении с исходным клинкерным вяжущим. Полученные результаты в определенной степени связаны с положительным влиянием дисперсности добавки. Наличие более грубых частичек способствовало повышению прочности вяжущего композита по принципу формирования структуры микробетона [6] и снижению теплопроводности затвердевшего вяжущего, связанного с содержанием в нём увеличенного количества стеклообразной составляющей.

Исследование мелкозернистого бетона на отсеве шлакового щебня

На этапе исследования бетонов рассматривался вариант мелкозернистого конструкционного шлакобетона для изготовления изделий методом безопалубочного формования, в котором в качестве заполнителя использовался отсев шлакового щебня, в качестве вяжущего – портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н ПАО «Мордовцемент» и полидисперсная тонкомолотая шлаковая добавка. Исследования проводились с привлечением математического метода планирования эксперимента. В качестве независимых переменных были выбраны: X_1 – доля полифракционной добавки в вяжущем; X_2 – доля молотого отсева шлакового щебня в полифракционной добавке. Уровни планирования эксперимента приведены в табл. 3. Расход комплексного вяжущего составлял 550 кг/м^3, жёсткость бетонной смеси обеспечивалась в пределах 20–30 с. В качестве пластификатора использовалась добавка «Реламикс», расход 0,5 % от массы вяжущего.

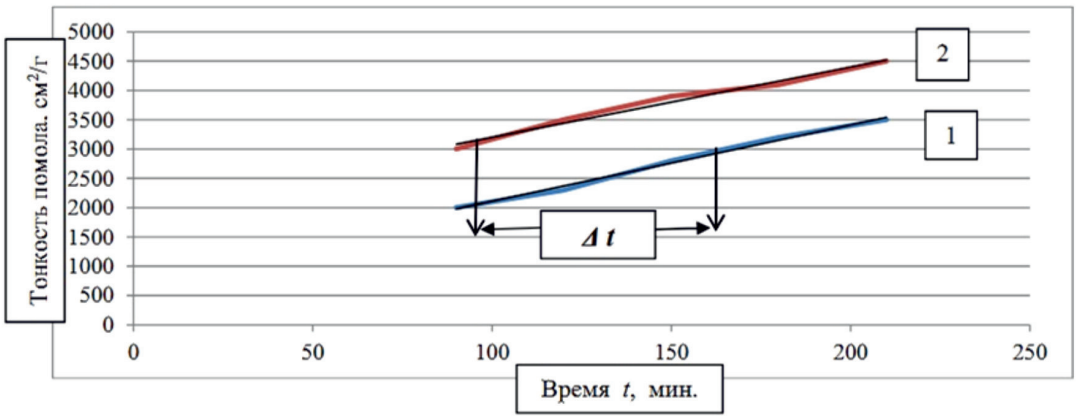


Рис. 1. Зависимость удельной поверхности компонентов шлаковой добавки от времени помола: 1 – гранулированный доменный шлак; 2 – отсев шлакового щебня

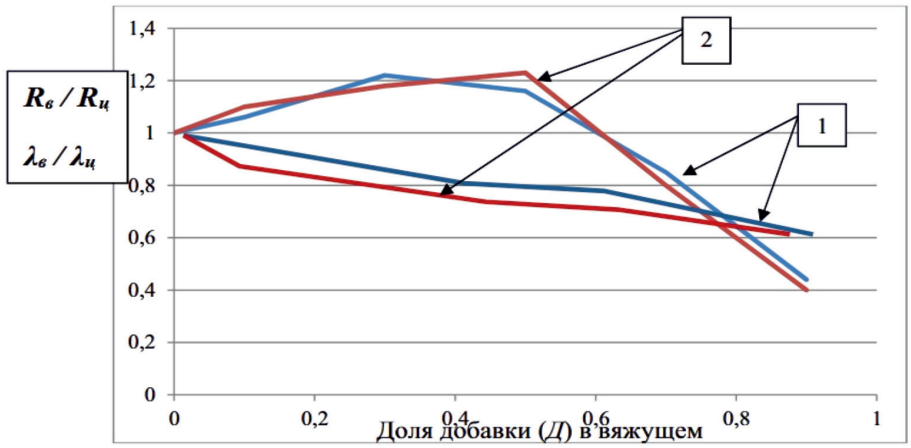


Рис. 2. Влияние доли шлаковой добавки на относительную активность и теплопроводность шлакоцементного вяжущего: 1 – гранулированный доменный шлак; 2 – отсев шлакового щебня

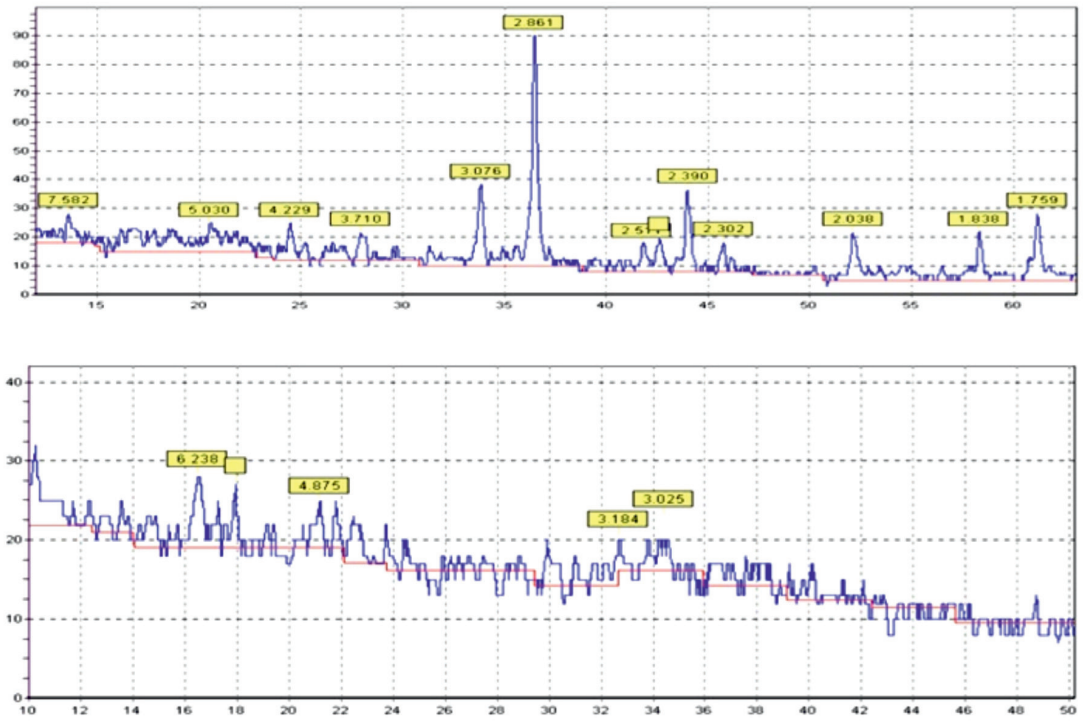


Рис. 3. Рентгенограммы образцов гранулированного шлака и отсева шлакового щебня производства ПАО «Северсталь»

Таблица 3

Значения интервалов варьирования факторов

Код	Значение кода	Значение факторов	
		X_1	X_2
Основной уровень	0	0,38	0,40
Интервал варьирования	ΔX_i	0,05	0,10
Верхний уровень	+	0,43	0,50
Нижний уровень	–	0,33	0,30

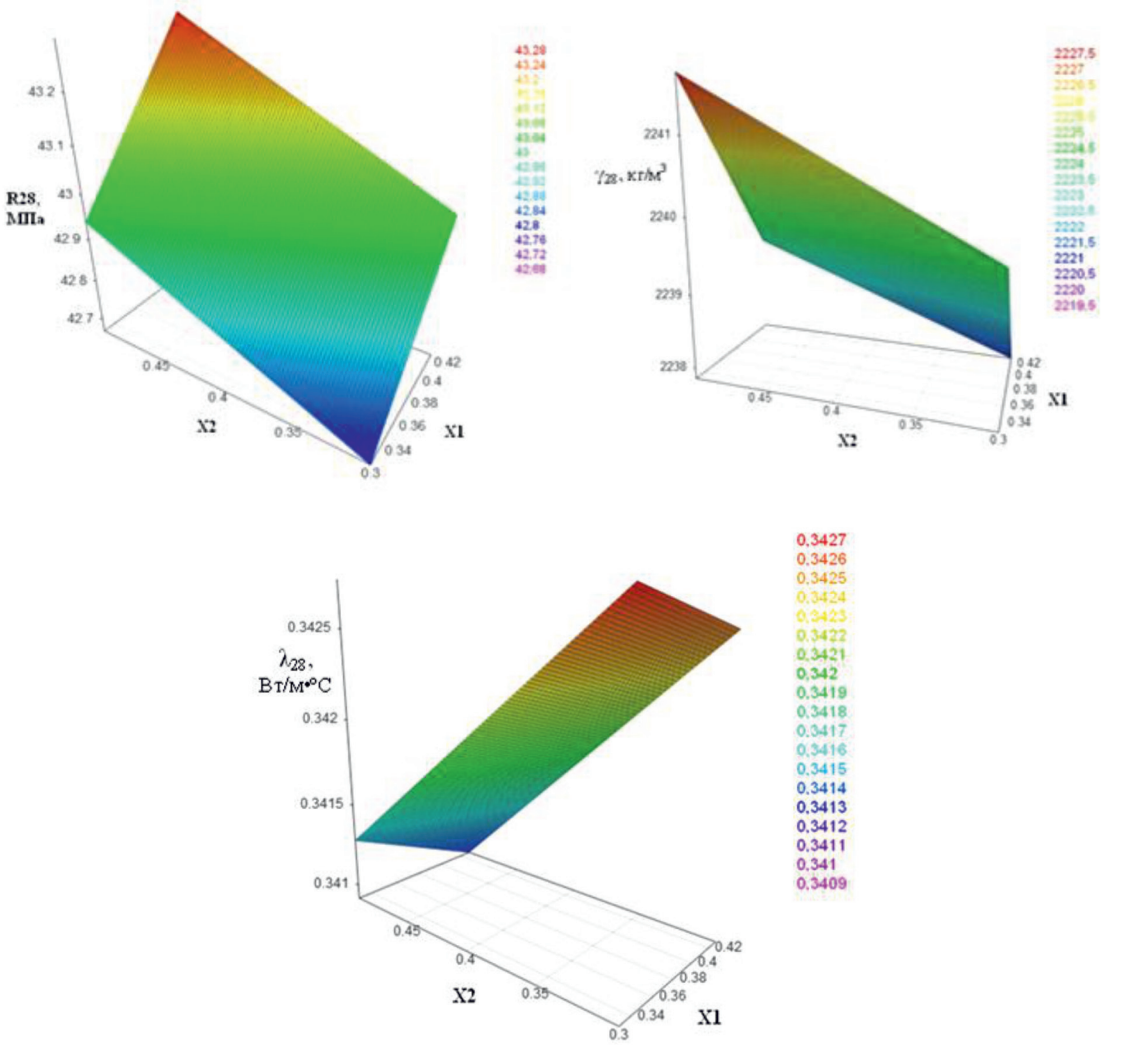


Рис. 4. Графики зависимости прочности, плотности и теплопроводности мелкозернистого шлакобетона от факторов X_1 и X_2

Таблица 4

Сравнительные результаты испытаний образцов мелкозернистых шлакобетонов

Состав бетона 1 м³ смеси	γ_{28}, кг/м³	R_7, МПа	R_{28}, МПа	$R_{пр}$, МПа	$E_б \cdot 10^3$, МПа	λ_{28}, Вт/м· °С	$K_{эф}$, кг/МПа
Цемент – 550 кг/м³ Отсев – 1000 л/м³ В/В = 0,33 Реламикс – 22,1 л/м³	2250	34,5	43,1	41,2	28,9	0,435	12,76
Цемент – 300 кг/м³ Добавка – 250 кг/м³ Отсев – 1000 л/м³ В/В = 0,34 Реламикс – 16,6 л/м³	2230	33,4	43,3	40,2	26,8	0,343	6,93

По результатам эксперимента рассчитаны уравнения регрессии в виде полиномов первой степени, выражающих зависимость прочности, плотности и теплопроводности мелкозернистого шлакобетона от исходных факторов после 28 суток нормального твердения, и построены графики, отображающие полученные зависимости (рис. 4).

$$R_{28} = 41{,}25 + 3{,}03 \cdot X_1 + 1{,}03 \cdot X_2 + 1{,}08 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (3)$$

$$\gamma_{28} = 2240 - 10 \cdot X_1 + 20 \cdot X_2 - 30 \cdot X_1 \cdot X_2, \quad (4)$$

$$\lambda_{28} = 0{,}345 - 0{,}005 \cdot X_2 - 0{,}0075 \cdot X_1 \cdot X_2. \quad (5)$$

Анализ данных уравнений позволил установить рациональные значения области исходных факторов, близких к оптимальным, и рекомендовать составы мелкозернистых шлакобетонов с использованием полифракционного комплексного шлакосодержащего вяжущего для производства изделий методом безопалубочного формования. Сравнительные результаты испытаний бетонов приведены в табл. 4.

Прогнозируемая экономия клинкерного вяжущего хорошо иллюстрируется через критерий эффективности $K_{эф}$, отражающий экономию цемента: $K_{эф} = Ц/R_b$, (Ц – расход цемента, кг/м^3; R_b – прочность бетона, МПа). Согласно результатам испытаний, удельный расход цемента на единицу прочности в рекомендуемых составах мелкозернистого бетона составляет на 40–45 % меньше, чем в традиционных бетонах без тонкомолотой полифракционной шлаковой добавки.

Заключение

Практическая реализация результатов представленных исследований позволит организовать рациональное использование отсева шлакового щебня при производстве высокоэффективных минеральных тонкомолотых шлаковых добавок и конструкционных мелкозернистых шлакобетонов с относительно низкой теплопроводностью и удельным расходом цемента.

Список литературы

1. Копша С.П., Заикин В.А. Технология безопалубочного формования – ключ к модернизации промышленности и себестоимости жилья // Технологии бетонов. – 2013. – № 11. – С. 29–33.

2. Грызлов В.С. Формирование структуры шлакобетонов. – Lambert Academic Publishing Saarbucken Deutchland, 2012. – P. 347.

3. Грызлов В.С. Шлакобетоны в крупнопанельном домостроении // Строительные материалы. – 2011. – № 3. – С. 40–41.

4. Гатылюк А.Г., Грызлов В.С. Определение оптимального состава мелкозернистого шлакобетона на отходах металлургического производства // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2013. – Т. 1. № 2 (47). – С. 9–11.

5. Горшков В.С., Александров С.Е., Иващенко С.И., Горшкова И.В. Комплексная переработка и использование металлургических шлаков в строительстве. – М.: Стройиздат, 1985. – 272 с.

6. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. – СПб.: ООО «Строй-Бетон», 2006. – 692 с.

УДК 531.7

МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ОЦЕНКИ РАБОТОСПОСОБНОСТИ ПЕРЕГОВОРНОГО УСТРОЙСТВА ПРИ УДАРНОМ ТОЧЕЧНОМ ВОЗДЕЙСТВИИ

Земсков Ю.П., Пегина А.Н., Игуменова Т.И.

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, e-mail: regant2006@mail.ru, toriss@yandex.ru, igymti8@rambler.ru

Представлены результаты применения методики оценки работоспособности переговорного устройства при механическом точечном воздействии на его корпус с применением статистического метода анализа процесса. Разработан алгоритм проведения испытаний, который предусматривает корректирующие мероприятия в случае получения отрицательного результата (несоответствие контрольного параметра нормативу). Рассчитаны гистограммы распределения по показателю «глубина отпечатка» при расстоянии воздействия 1, 5 и 10 м. Получена графическая зависимость в виде диаграммы Парето причин, приводящих к несоответствию контрольного параметра нормативу из условия 20:80 (20% причин приводят к 80% несоответствий (брака)). Определена зависимость контрольного параметра от технологических режимов испытаний. По данным испытаний построена графическая зависимость глубины отпечатка в корпусе переговорного устройства от расстояния точечного механического воздействия твердым телом. Графическая зависимость имеет экспоненциальный характер, который позиционирует проявление отпечатка в корпусе устройства в закономерной последовательности. Работоспособность переговорного устройства определяется вероятностью, при которой вмятина (отпечаток) не касается наружной поверхностью хотя бы одного радиоэлемента или токоведущей дорожки. Работоспособность также оценивается количественным результатом аналитической зависимости, которая характеризуется отношением суммы площадей всех входящих радиоэлементов в микросхему переговорного устройства и подвергшихся механическому контакту деформированной поверхности вмятины к суммарной площади радиоэлементов микросхемы переговорного устройства.

Ключевые слова: методика, работоспособность, ударное точечное воздействие, испытание, глубина отпечатка, упругий удар

METHODICAL ASPECTS OF ESTIMATION OF CAPACITY OF VOICE DEVICE AT SHOCK POINT INFLUENCE

Zemskov Yu.P., Pegina A.N., Igumenova T.I.

Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: regant2006@mail.ru, toriss@yandex.ru, igymti8@rambler.ru

The results of the application of the methodology for assessing the performance of the intercom with mechanical point impact on its body with the use of a statistical method of process analysis are presented. The algorithm of carrying out tests which provides corrective actions in case of reception of negative result (discrepancy of control parameter to the standard) is developed. The calculated histogram of the distribution in terms of the depth of the imprint at a distance the impact of 1, 5 and 10 m. Obtained graphical dependence in the form of a Pareto chart of the causes of the disparity control parameter to the standard conditions of 20:80 (20% of the causes lead to 80% of discrepancies (marriage). The dependence of the control parameter on the technological modes of testing. According to the test data, the graphic dependence of the imprint depth in the body of the intercom on the distance of the point mechanical action by the solid body is constructed. Graphic dependence has an exponential character, which positions the manifestation of the imprint in the body of the device in a regular sequence. The performance of the intercom is determined by the probability at which the dent (imprint) does not concern the outer surface of at least one radio element or current-carrying track, and is estimated by the quantitative result of analytical dependence, which is characterized by the ratio of the sum of the areas of all incoming radio elements in the intercom chip and subjected to mechanical contact of the deformed surface of the dent to the total area of the radio elements of the intercom chip.

Keywords: methodology, capacity, shock point influence, test, depth of imprint, resilient blow

Проблема повышения стабильности и устойчивости работы переговорных устройств различного типа к возникающим повреждениям особенно актуальна в свете оценки вероятной возможности их работоспособности. При повреждении (вмятине) корпуса переговорного устройства в полевых условиях возникают предпосылки как полной, так и частичной потери работоспособности. Необходима методическая поддержка при оценке работоспособности переговорного устройства.

Предлагаемая методика устанавливает порядок действий при проведении испытаний [1] по определению работоспособности переговорных устройств**.** Предназначается для прямых измерений геометрических размеров вмятин в корпусе переговорного устройства посредством универсального измерительного инстру-

мента с точностью 0,01 мм в качестве дополнительной методики.

Подготовка к проведению исследования. К испытанию допускаются металлические корпуса переговорных устройств, прошедшие весь технологический цикл изготовления, включая антикоррозионную обработку. В качестве металлического тела внедрения используется шарик диаметром 4,5 мм, а в качестве зарядной энергии принимается сжатый газ, например углекислый по ГОСТ 8058-85.

Проведение испытаний. Испытания проводятся на специальном стенде, схема которого представлена на рис. 1, по алгоритму – рис. 2 [2]. Металлический корпус переговорного устройства устанавливается в направляющие рамки, которые закрепляются на расстоянии 1 м от среза спускового механизма.

В спусковой механизм закладывается металлический шарик и закрывается затвор. Далее осуществляется спуск. Посредством сжатого углекислого газа шарик уносится (работа воздействия газа на шарик соответствует 3 Дж) в направлении мишени – корпуса переговорного устройства под углом 90° и упруго внедряется в него, вызывая пластическую деформацию материала корпуса.

От такого воздействия в стенке корпуса остается вмятина – отпечаток. По вышеописанному механизму проводятся испытания на дистанциях 5 и 10 м при постоянных параметрах металлического шарика, угла атаки и мощности заряда. Обязательным условием является одноактное воздействие металлического шарика на корпус устройства, т.е. отпечатки, вызванные пластической деформацией в корпусе переговорного устройства от упругого удара металлического тела, не должны накладываться друг на друга, а иметь четкий контур.

Испытания проводились на расстояниях 1, 5 и 10 м до мишени. В результате были выявлены гистограммы распределения [3] по показателю глубина отпечатка при расстоянии воздействия соответственно и представлены на рис. 3. Нормальной величиной отпечатка принято расстояние от корпуса переговорного устройства до поверхности радиодеталей, равное 0,5 мм конструктивно. Большее расстояние приводит к разрушению радиодеталей.

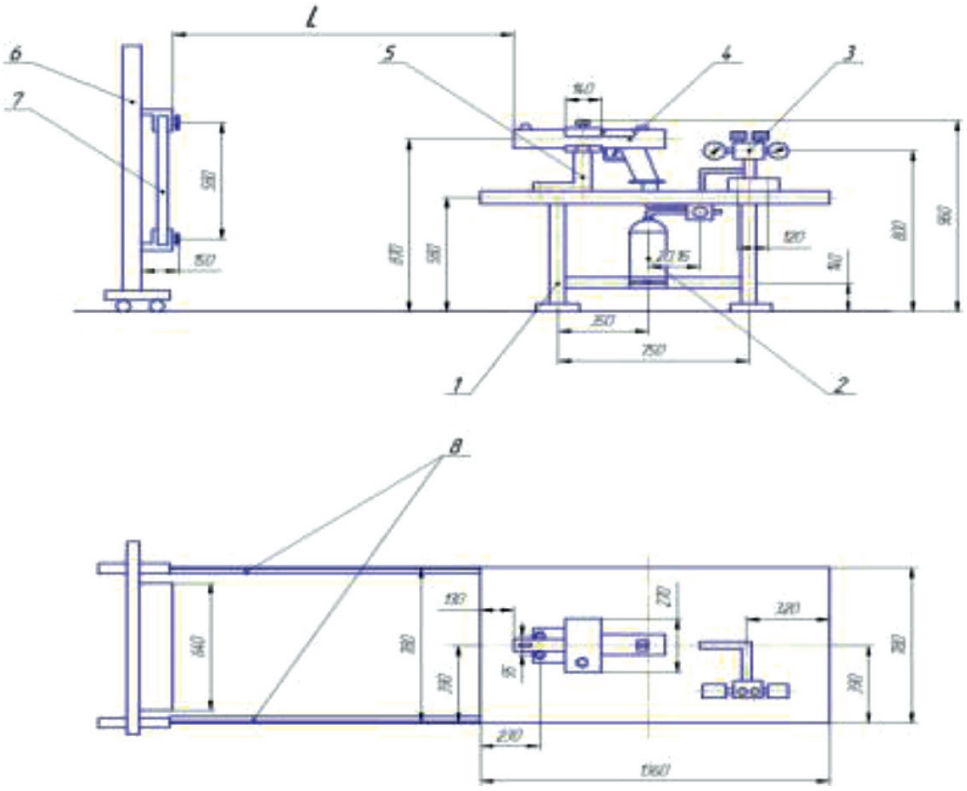


Рис. 1. Специальный стенд для испытаний: 1 – корпус; 2 – емкость сжатого газа; 3 – регулятор давления; 4 – устройство для импульса силы; 5 – стойка крепежа; 6 – экран; 7 – образец; 8 – направляющие

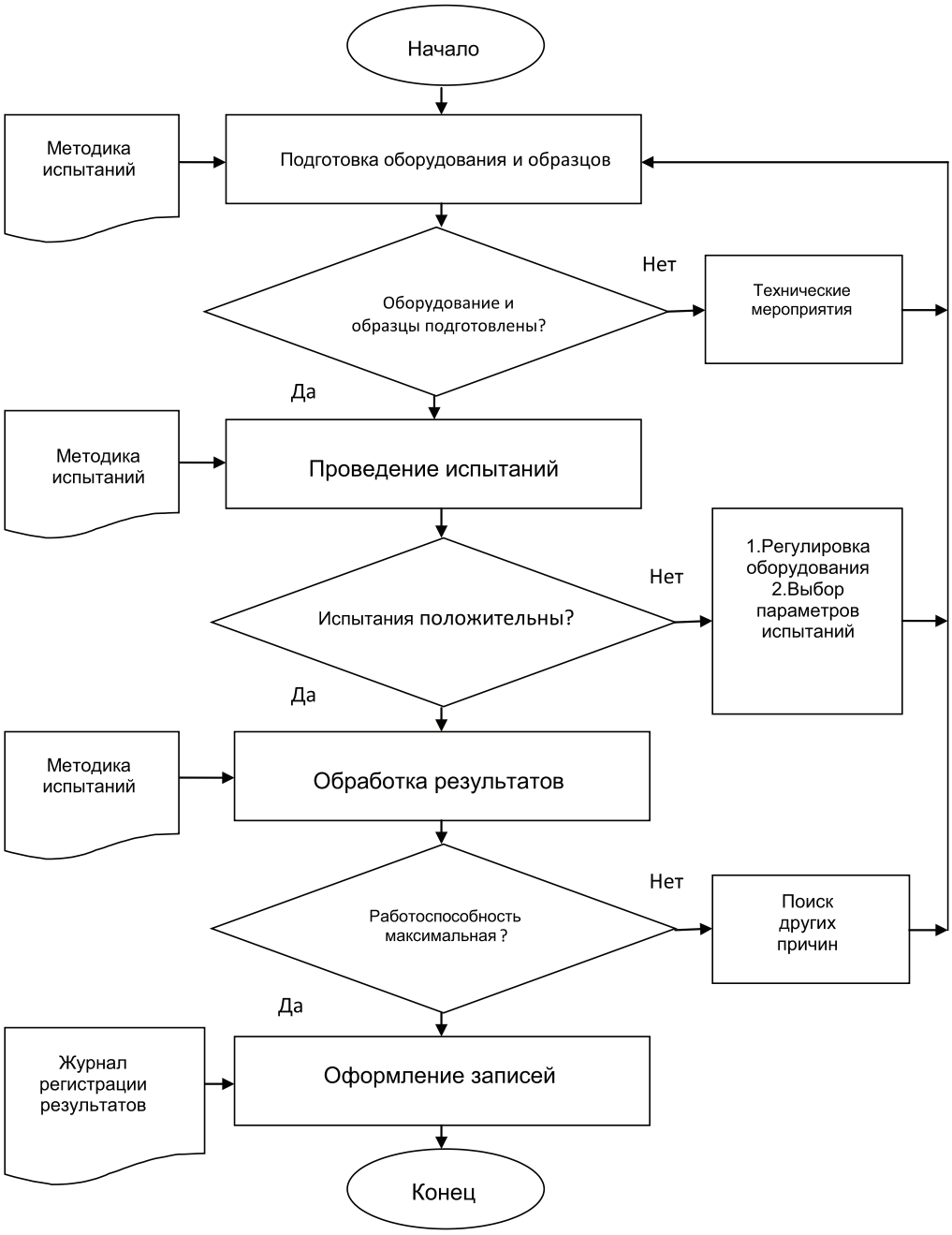
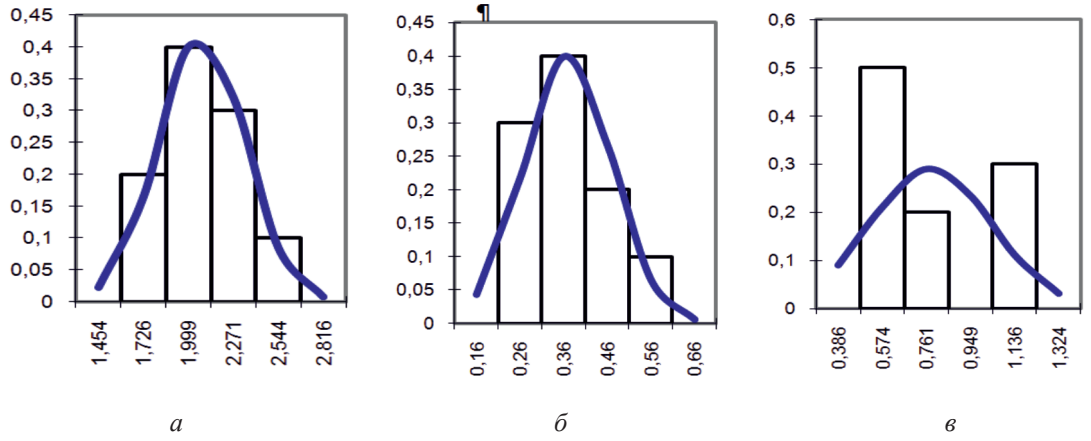


Рис. 2. Алгоритм испытаний

Анализ гистограмм (рис. 3), несмотря на нормальное распределение результатов эксперимента, показал несоответствие по показателю глубина отпечатка (вмятины) от норматива и составил: при расстоянии 1 м – 99,3% (вмятины были глубиной от 1,45 до 2,68 мм); при расстоянии 5 м – 86% (глубина вмятин от 0,38 до 1,32 мм); при расстоянии 10 м – 9,5% (вмятины глубиной от 0,16 до 0,66 мм) соответственно. При расстояниях воздействия 1 и 5 м глубина вмятин превышает нормативную величину (0,5 мм) и будет воздействовать на работоспособность переговорного устройства, выводя его из строя. Следовательно, следует провести дальнейшее исследование причин возникновения и устойчивости работоспособности в зависимости от расстояния и мощности воздействия и контрольно-измерительной системы отображения данных. Далее были определены причины, приводящие к несоответствию контрольного параметра, которые представлены на рис. 4 в виде диаграммы Парето.



а *б* *в*

Рис. 3. Гистограммы распределения по показателю глубина отпечатка при расстоянии воздействия: а – расстояние 1 м; б – расстояние 5 м; в – расстояние 10 м

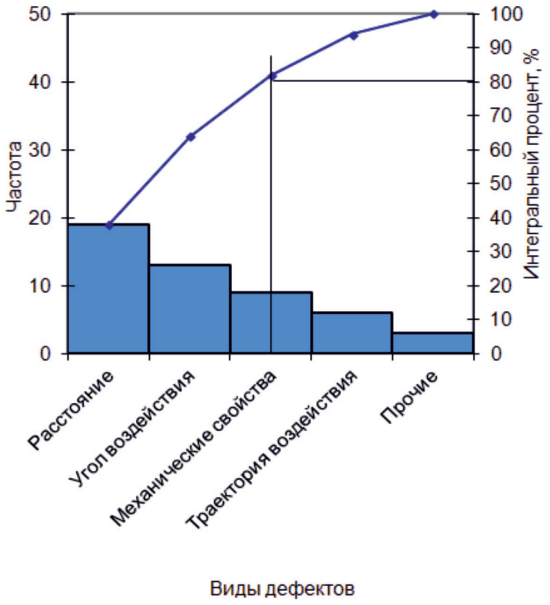


Рис. 4. Диаграмма Парето

Наиболее значимыми причинами являются расстояние и угол воздействия твердого металлического тела на стенку корпуса переговорного устройства, которая защищает радиодетали от точечного воздействия (разрушения), тем самым снижая его работоспособность. По данным испытаний построена графическая зависимость [4] глубины отпечатка в корпусе переговорного устройства от расстояния точечного механического воздействия твердым телом, представленная на рис. 5.

Графическая зависимость имеет экспоненциальный характер, который позиционирует проявление отпечатка в корпусе устройства в закономерной последовательности. Так, видно, что при увеличении расстояния механического точечного воздействия металлического шарика на стенку корпуса переговорного устройства уменьшается глубина отпечатка.

Обработка результатов. За результат испытаний принимались средние значения отпечатков (вмятин) по трем повторным измерениям. Измерения глубины вмятины производятся универсальным инструментом с погрешностью 0,01 мм, например глубиномером. За результат глубины отпечатка Δx принимается значение, измеренное как разница между внутренней поверхностью стенки корпуса и наружной поверхностью вмятины или наружной поверхностью корпуса с учетом толщины стенки и наружной поверхностью вмятины. Работоспособность переговорного устройства определяется вероятностью [5], при которой вмятина (отпечаток) не касается наружной поверхностью хотя бы одного радиоэлемента или токоведущей дорожки:

$$P(x)=\frac{\sum_{i=1}^{x} S_i}{\sum_{j=1}^{n} S_j},$$

где $\sum_{i=1}^{x} S_i$ – сумма площадей всех, входящих радиоэлементов в микросхему переговорного устройства и подвергшихся механическому контакту деформированной поверхности вмятины;

$\sum_{j=1}^{n} S_j$ – суммарная площадь радиоэлементов микросхемы.

Для количественной оценки работоспособности можно воспользоваться графическими зависимостями вероятности работоспособности от расстояния между наружной поверхностью радиоэлемента и расстояния механического внедрения ме-

таллического тела (шарика) при дистанциях воздействия 1; 5 и 10 м.

Анализ рис. 6 показал, что при механическом точечном воздействии металлического тела при упругом ударе работоспособность имеет вероятностный характер и зависит от расстояния воздействия при постоянных параметрах: массе металлического тела, импульсе силы, с которой воздействует тело на стенку корпуса, угле атаки.

При этом вероятность работоспособности тем больше, чем больше расстояние воздействия. График позволяет производить несложную оценку работоспособности переговорного устройства, если оно подверглось механическому точечному воздействию. Если величина вмятины (отпечатка) в металлическом корпусе переговорного устройства превышает конструктивное расстояние (0,5 мм), что соответствует расстоянию между внутренней стенкой корпуса и радиодеталями, то работоспособность переговорного устройства нарушена и его нельзя использовать.

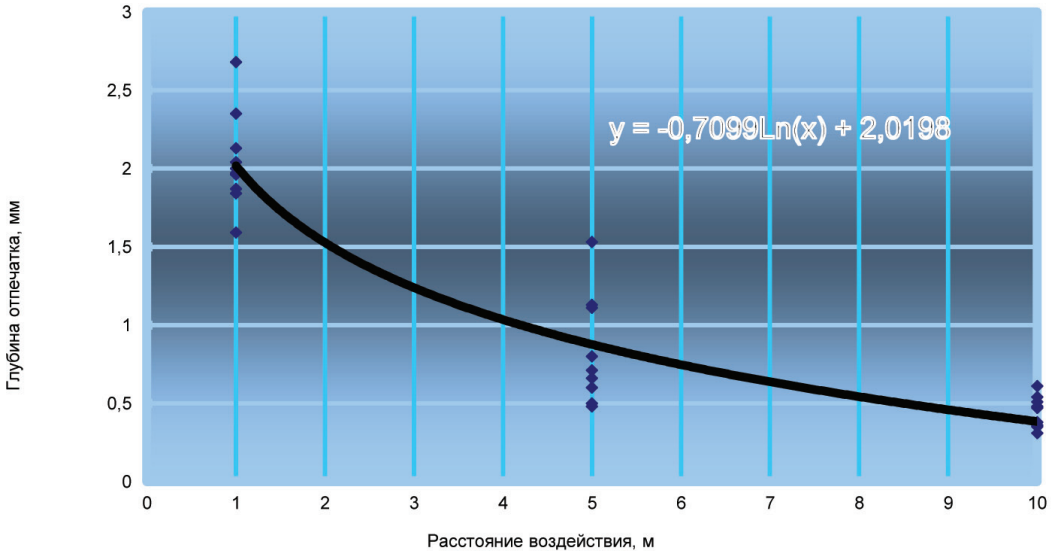


Рис. 5. Диаграмма взаимосвязи глубины отпечатка в корпусе переговорного устройства от расстояния точечного механического воздействия твердым телом

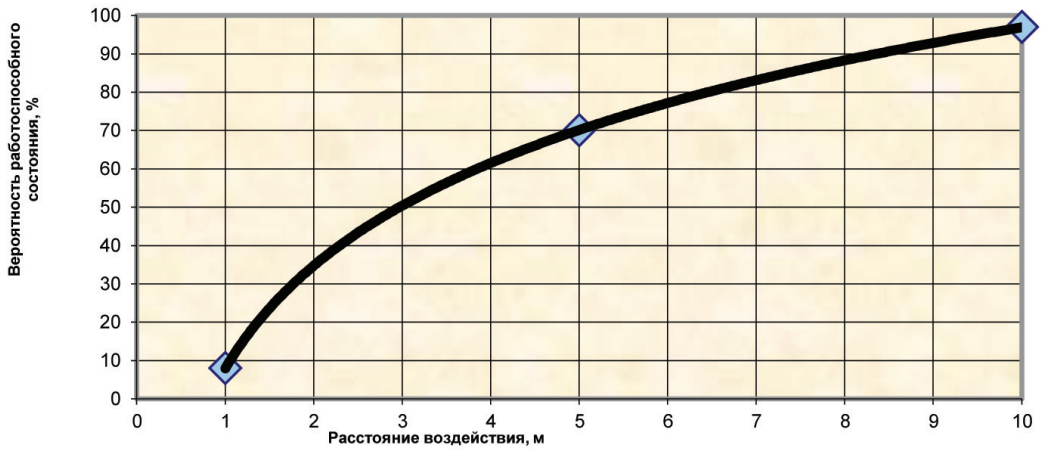


Рис. 6. Зависимость вероятности работоспособности переговорного устройства от расстояния между наружной поверхностью радиоэлемента и механического внедрения металлического тела – вмятины

Таким образом, предложенная методика оценки качества работоспособности переговорного устройства при точечном механическом воздействии на испытуемый объект позволяет производить оценку работоспособности по контрольному параметру глубина вмятины (пластической деформации), исходя из вероятностного характера проявления процесса.

Работоспособность переговорного устройства определяется вероятностью, при которой вмятина (отпечаток) не касается наружной поверхностью хотя бы одного радиоэлемента или токоведущей дорожки, она оценивается количественным результатом аналитической зависимости, которая характеризуется отношением суммы площадей всех входящих радиоэлементов в микросхему переговорного устройства и подвергшихся механическому контакту деформированной поверхности вмятины к суммарной площади радиоэлементов микросхемы переговорного устройства.

Практическая ценность полученной зависимости позволяет оперативно производить оценку работоспособности переговорного устройства, корпус которого подвергся точечному механическому повреждению в полевых условиях.

Список литературы

1. Жашков А.А., Клейменова Н.Л., Ткачев О.А. Использование анализа измерительных систем (MSA) // Сборник трудов научной конференции «Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса». – Воронеж: ВГУИТ, 2015. – С. 546–551.

2. Основные принципы построения систем тестирования [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://studopedia.su/9_57454_osnovnie-printsipi-postroeniya-sistem-testirovaniya.html (дата обращения: 21.03.2018).

3. Чернышова В.В., Пегина А.Н., Оробинский Ю.И. Статистический анализ параметров качества продукции // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 8–3 (19–3). – С. 63–66.

4. Сидорова А.И., Егорова А.Н. Применение статистических методов анализа и контроля качества при управлении технологическими процессами в производственных условиях // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2015. – Т. 3, № 7–2 (18–2). – С. 461–464.

5. Основное понятие теории вероятности. Законы теории вероятности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: ehttp://fb.ru/article/277852/osnovnoe-ponyatie-teorii-veroyatnosti-zakonyi-teorii-veroyatnosti (дата обращения: 21.03.2018).

УДК 519.254:004.891.3:726.012

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МИГРАЦИОННЫХ ПУТЕЙ СТРОИТЕЛЕЙ ХРАМОВОЙ ДОМОНГОЛЬСКОЙ АРХИТЕКТУРЫ

[1]Иванова С.М., [2]Ильиченкова З.В., [3]Боголюбова Ю.Д.

[1]Московский технологический университет (МИРЭА), Москва, e-mail: sm-ivanova@yandex.ru;
[2]Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», Москва, e-mail: zilyichenkova@yandex.ru;
[3]Московский государственный университет геодезии и картографии (МИИГАиК), Москва, e-mail: xopp@mail.ru

Настоящая статья посвящена классификации храмовой домонгольской архитектуры, что является важным фактором при определении миграционных путей строительных артелей того периода. Единство стилей и технологий позволяет предположить существование в домонгольский период одних и тех же групп архитекторов и строителей, которые перемещались от объекта к объекту в зависимости от наличия соответствующих заказов. Для определения путей миграции строителей предлагается использовать метод определения единства масштабов и материалов при постройке различных храмов. Так как данная информация не является чётко формализованной, то применяется аппарат нечёткой логики. Приводятся характеристические функции определения соотношения длины и ширины основания храма и определения типа кладки стен. Проводится анализ единства стилей для трёх различных храмов домонгольского периода: Ильинской церкви в Чернигове, собора Бориса и Глеба в Чернигове и церкви Архангела Михаила в Остёре. На основе нечёткой логики делается вывод о возможной принадлежности двух из указанных трёх храмов одной и той же строительной артели. Относительно собора Бориса и Глеба в Чернигове делается предположение о его отнесении к другой артели.

Ключевые слова: домонгольская архитектура, храмовое строительство, нечёткая логика, кладка стен, пропорции основания

THE DETERMINATION OF MIGRATION WAYS OF THE TEMPLE PRE-MONGOL ARCHITECTURE BUILDERS

[1]Ivanova S.M., [2]Ilichenkova Z.V., [3]Bogolyubova Yu.D.

[1]Moscow Technological University (MIREA), Moscow, e-mail: sm-ivanova@yandex.ru;
[2]Moscow State University of Technology «STANKIN», Moscow, e-mail: zilyichenkova@yandex.ru;
[3]Moscow State University of Geodesy and Cartography (MIIGAiK), Moscow, e-mail: xopp@mail.ru

This article deals with the problem of the classification of temple pre-Mongol architecture. It's very important factor in determining the migration routes of construction artels. The unity of styles and technologies suggests the existence in the pre-Mongol period of the same groups of architects and builders who moved from object to object, depending on the availability of relevant orders. It is proposed to use the method of determining the unity of scales and materials for the construction of various temples for determine the migration paths of builders. Since this information is not formalized, a fuzzy logic device is used. The characteristic functions of determining the ratio of the length and width of the base of the temple and determining the type of wall masonry are given. The analysis of the unity of styles for three different temples of the pre-Mongol period is conducted: the Il'insk church in Chernigov, the cathedral of Boris and Gleb in Chernigov and the church of the Archangel Michael in Ostyor. The conclusion is made about the possible belonging of two of these three temples to the same builders group on the basis of fuzzy logic. It is assumed that the cathedral of Boris and Gleb in Chernigov is referred to another artel.

Keywords: the pre-Mongol architecture, temple construction, fuzzy logic, wall masonry, base proportions

В настоящее время большое внимание уделяется сохранению культурного и исторического наследия народа России [1]. Однако сами по себе здания и сооружения не в полной мере способствуют развитию культурного уровня россиян. Для создания условий для реализации каждым человеком его творческого потенциала, разностороннего воспитания нравственного отношения необходимо не только предоставить возможность жителям знакомиться с храмовой архитектурой, но и предоставить возможность для получения как базовой, так и более полной информации о каждом из интересующих их объектов [2].

К основной информации о храмах можно отнести такие характеристики, как годы (век) постройки, место расположения, заказчик строительства, архитектурный стиль. Между тем значительный интерес представляет прослеживание миграции групп строителей храмов. Методы, использующиеся в процессе возведения построек, принципы закладки фундамента – это те штрихи, которые позволяют понять тенденции строительства, их постепенную модификацию и преобразование одной в другую [3]. Единство стилей и технологий позволяет предположить существование в домонгольский период одних и тех же групп архитекторов

и строителей, которые работали на Руси. Данные по указанному периоду в настоящий момент не являются полностью формализованными ввиду давности постройки и их неоднократной перестройки.

Этот вопрос интересен также и потому, что направления миграции артелей характеризуют экономическое положение разных регионов Руси в различные периоды. Строительство храмов в древности – один из важнейших показателей развитости хозяйства в связи с большими объёмами строительства, территориальной закрепленностью на месте размещения, значительным (как правило) временем изготовления продукции. Так как строительство храма осуществляется только при наличии заказчика, то стоимость строительной продукции определяется не на стадии продажи товара, а на стадии заключения договора. Кроме того, практически все построенные храмы индивидуальны. Строители не могли находиться в нескольких местах одновременно. Следовательно, их появлению в конкретном регионе предшествовал некоторый период ожидания. Поэтому приглашение определённых групп для строительства храма показывает уровень благосостояния в том или ином регионе.

Для определения путей миграции строителей предлагается использовать метод определения единства стилей при постройке различных храмов [4, 5]. Основными параметрами, которые учитываются при отнесении храмовой архитектуры к той или иной архитектурно-строительной группе, являются материал, использованный для строительства храма, количество и форма столпов, тип опоры купола, количество главок и апсид, а также пропорции храма. Последний параметр является особенно важным, так как «установившаяся пропорциональность частей в известной мере заменяла расчёт на прочность» [6], что позволяет говорить о связи выбранных соотношений с той или иной группой строителей храма. Также следует отметить, что при низкой сохранности постройки фактически определить полный набор перечисленных признаков невозможно. Поэтому для классификации групп предлагается опираться на такие параметры, как материал кладки и пропорции основания. В связи с тем, что указанные параметры точно определить зачастую довольно сложно, для решения данной задачи представляется целесообразным использовать методы, связанные с нечётким выводом [7].

Нечёткие характеристики храмов домонгольского периода

Для всех характеристик, значения которых можно определить только с некоторой точностью (материал кладки стен, пропорции храма), следует ввести набор нечётких функций, соответствующих указанным параметрам. Тогда правила нечёткого вывода будут характеризовать тот или иной стиль строительства, характерный для конкретной артели [8, 9].

Разнообразие типов кладки фундаментов объясняется различными техническими навыками, которые приносили с собой строительные группы [10]. Стены наиболее ранних построек домонгольской Руси (Спасская церковь в Чернигове, Софийский собор в Киеве и др.) имеют смешанную каменно-кирпичную технику. Кирпич домонгольских зданий отличается тонко отмученной глиной нередко светло-желтого цвета и в особенности по размерам: он очень тонок – от 2,5 до 4–4,5 см, лишь иногда несколько толще. Длина и ширина кирпича сравнительно близки друг к другу. Так как в одном и том же строении могли быть использованы плинфы разных форм и размеров, то они не могут однозначно характеризовать тот или иной способ постройки. Во второй половине XI в. в южнорусских землях техника кладки стен стала значительно проще: стены выполнялись в основном из кирпича, со скрытым рядом и с использованием в забутовке камня. Соответственно этому, можно ввести субъективное определение типа кладки (рис. 1):

- преобладание камня;
- каменно-кирпичный;
- кирпичный (плинфа).

События типов кладки образуют полную группу. По оси OY расположена шкала истинности (изменяется от 0 до 1).

Пропорции храмов домонгольского периода также не являются точно определяемым параметром. При оценке практически невозможно ориентироваться на высоту храма, так как большинство из них было перестроено, а соотношение длины и ширины прямоугольника, в который вписано основание исходного сооружения, можно примерно определить по оставшейся кладке. Так как в основе строительных соотношений чаще всего лежали пропорции золотого сечения и близкие к ним, связанные с вписанными в окружность многоугольниками ($\sqrt{5}:2$, $2:\sqrt{3}$) или отношения, близкие к числам Фибоначчи, связанные со сторонами прямоугольника, (1:2:3:5:8), то характеристическая функция соотношения ширины к длине может выглядеть следующим образом (рис. 2):

- золотое сечение;
- квадратное основание (соотношение 1:1);
- соотношение, основанное на числах Фибоначчи.

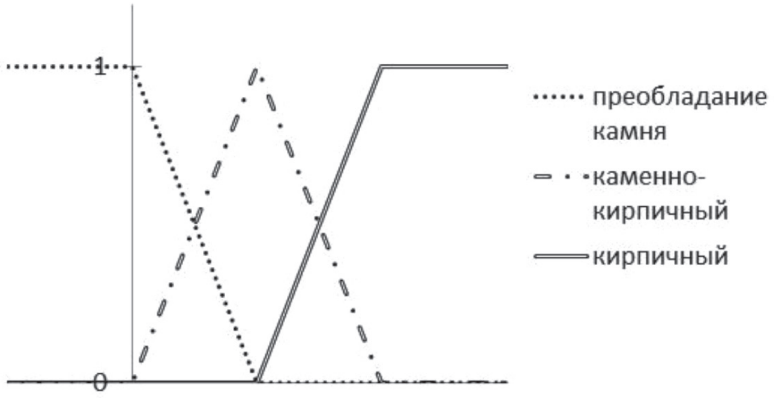


Рис. 1. Характеристическая функция типа кладки стен

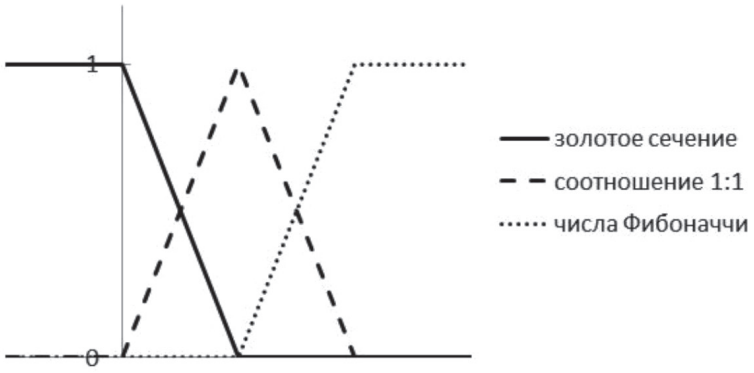


Рис. 2. Характеристическая функция соотношения длины и ширины храма

Правила вывода принадлежности к артели

тип кладки → соотношение ↓	преобладание камня	каменно-кирпичный	кирпичный
золотое сечение	артель 3	артель 2	артель 3
соотношение 1:1	артель 2	артель 1	артель 2
числа Фибоначчи	артель 3	артель 2	артель 3

События перечисленных соотношений образуют полную группу. По оси OY расположена шкала истинности (изменяется от 0 до 1).

Для принятия решения о принадлежности строителей конкретного храма к той или иной группе предлагается ввести правила нечёткого вывода отдельно для каждого набора однозначно определяемых характеристик. Например, их можно определить следующим образом (таблица).

В случае, если у храма тип кладки «преобладание камня» и длина относится к ширине как золотое сечение, то можно предполагать, что в строительстве данного храма принимала участие артель 3. Следует отметить, что в данной классификации под понятие «артель 3» попадают все артели, работа которых относится к наименее типичным для данного типа строительства храмов. Эту группу имеет смысл далее классифицировать отдельно.

С помощью контроллера Мамдани [11] проводится дефаззификация.

Сравнивая результаты, полученные для различных храмов, можно сделать вывод о возможной принадлежности их архитекторов и строителей к одной или различным артелям.

В качестве примера рассмотрим Ильинскую церковь в Чернигове, собор Бориса и Глеба в Чернигове и церковь Архангела Михаила в Остёре.

Ильинская церковь в Чернигове

Для строительства Ильинской церкви в Чернигове использовалась плинфа, скрепляемая белым известковым раствором. Основание храма имеет размеры 5 м х 4,8 м.

Соотношение сторон основания и тип кладки может быть определён значениями на рис. 3, а, б. При указанных исходных данных результат определяется как центр тяжести нечёткого множества (обозначен белой точкой на рис. 3, в).

Собор Бориса и Глеба в Чернигове

Рассмотрим собор Бориса и Глеба в Чернигове. Соотношение длины и ширины его основания равно 3:2. Ориентировочный вид кладки – плинфа.

Значения характеристических функций для собора Бориса и Глеба представлены на рис. 4, а, б, а результат дефаззификации – на рис. 4, в.

Церковь Архангела Михаила в Остёре

Рассмотрим церковь Архангела Михаила в Остёре. Основание храма является практически квадратным. Кладка стен – плинфа с вкраплениями песчаника.

Значения характеристических функций для церкви Архангела представлены на рис. 5, а, б, а результат дефаззификации – на рис. 5, в.

Заключение

Проведя анализ результатов определения артелей, можно сделать вывод о том, что Ильинская церковь в Чернигове и церковь Архангела Михаила в Остёре строились одной и той же артелью, а для строительства собора Бориса и Глеба были приглашены другие мастера. Данный результат также подтверждается исследованием, показавшим, что на части кирпичной кладки в церкви Архангела Михаила стоят те же клейма мастеров, что и в Ильинской церкви.

Таким образом, предложенный метод позволяет производить классификацию храмов домонгольского периода с целью определения их принадлежности той или другой строительной группе. Это является важным, так как у значительного количества храмов указанного периода сохранность является невысокой, часть была перестроена в более позднее время.

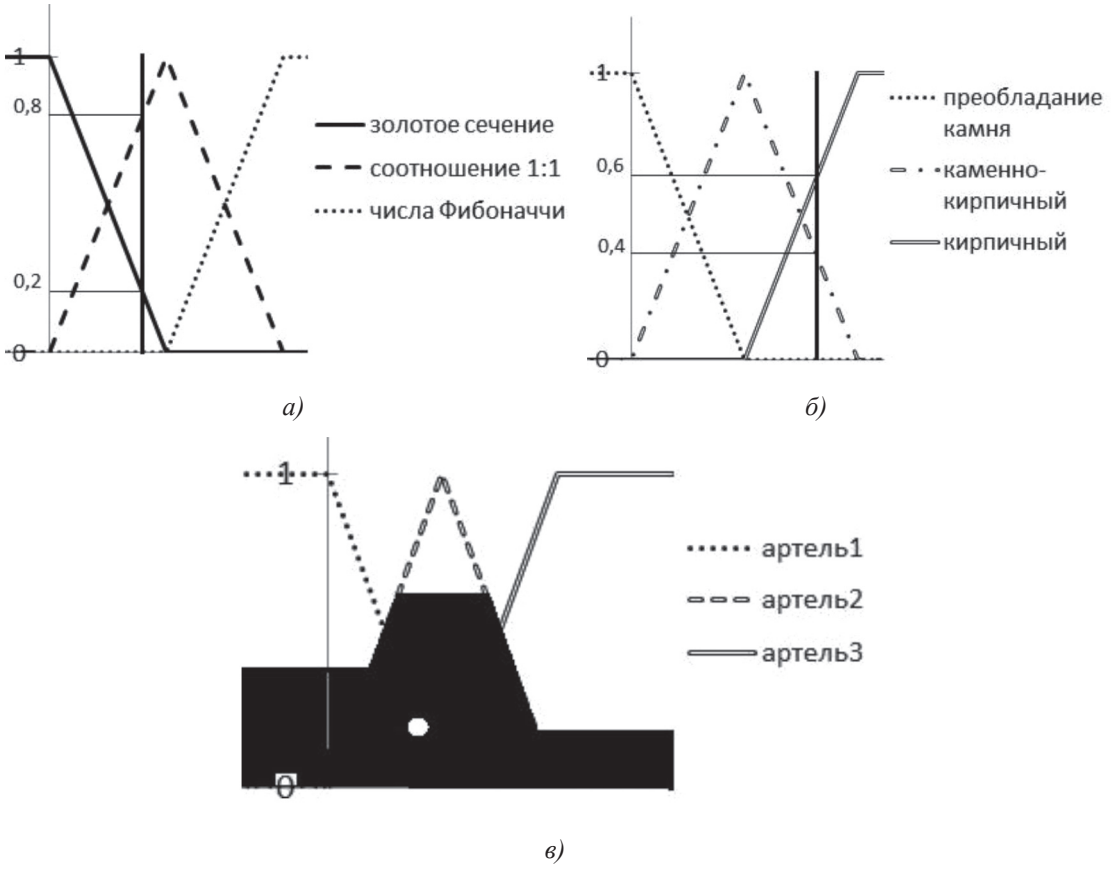


Рис. 3. Нечёткие характеристики Ильинской церкви: а – соотношение длины и ширины, б – тип кладки, в – дефаззификация множества определения строительной артели

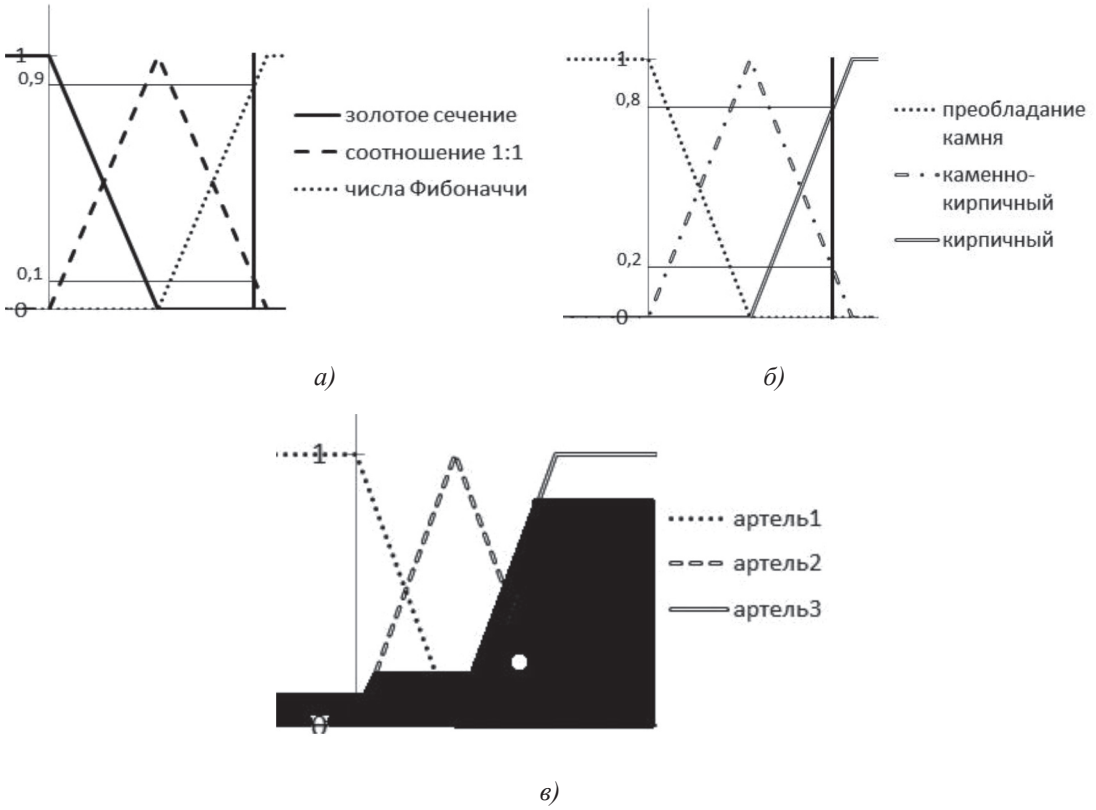


Рис. 4. Нечёткие характеристики собора Бориса и Глеба: а – соотношение длины и ширины, б – тип кладки, в – дефаззификация множества определения строительной артели

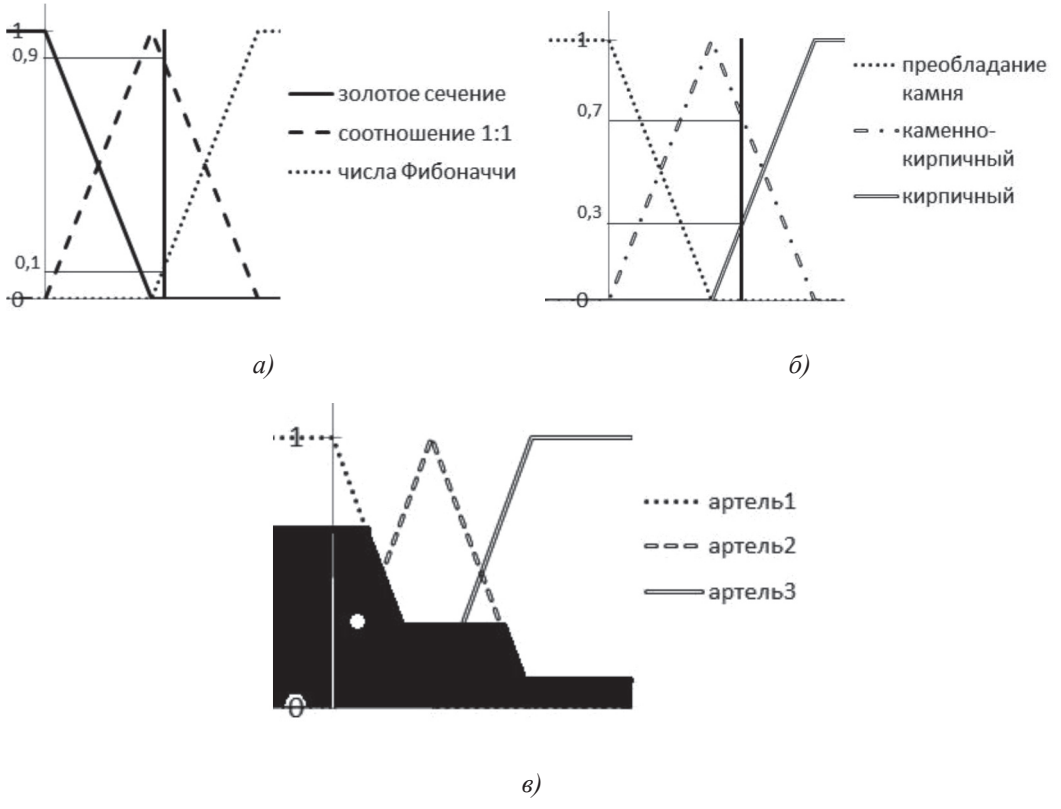


Рис. 5. Нечёткие характеристики церкви Архангела Михаила: а – соотношение длины и ширины, б – тип кладки, в – дефаззификация множества определения строительной артели

Метод группировки храмов позволяет находить направления миграции артелей и тем самым определять экономическое положение разных регионов России в различные временные периоды. Также для храмов с низкой степенью сохранности постройки нет возможности узнать его утраченные архитектурные особенности. Понимание того, какая из артелей проводила строительство, может помочь в определении наиболее характерных для неё способов украшения храма и тем самым, позволит определить его исходный вид. Эта информация является важной как для проведения реставрационных работ храмов, так и для сохранения мирового культурного наследия.

Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 15 апреля 2014 г. № 317 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие культуры и туризма» на 2013-2020 годы» [Электронный ресурс]. – URL: http://gov.garant.ru/SESSION/PILOT/main.htm (дата обращения: 21.03.18).

2. Борис А.Г., Иванова-Веэн Л.И. Проекты А. Галецкого и А. Кузнецова – нового корпуса мастерских строгановского училища // Декоративное искусство и предметно-пространственная среда. Вестник МГХПА. – 2017. – Т. 1, № 2. – С. 152–163.

3. Волкова О.Р., Саркисова И.О. Ошибки, оказывающие влияние на процедуру идентификации и моделирования диагностируемой системы // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 12–3 (54). – С. 58–61.

4. Катков А.Ю., Харыбина И.Н. Решение исследовательских задач по теоретической механике на определение реакций связей плоских конструкций // Тенденции развития науки и образования. – 2017. – № 30–3. – С. 20–22.

5. Магомедов Ш.Г. Оценка степени влияния сопутствующих факторов на показатели информационной безопасности // Российский технологический журнал. – 2017. – № 2(16). – С. 47–56.

6. Православные храмы. В трёх томах. Том 2. Православные храмы и комплексы: Пособие по проектированию и строительству. – М.: ГУП ЦПП, 2003. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.wco.ru/biblio/books/story1/H08-T.htm (дата обращения: 21.03.18).

7. Иванова С.М., Ильиченкова З.В. Формализация системы управления заданиями в системе АМТест // Инновации в жизнь. – 2017. – № 4 (23). – С. 208–218.

8. Павлов Д.А. Интеллектуальный подход для решения обратных задач // Вестник МГТУ МИРЭА. – 2015. – № 1(6). – С. 251–256.

9. Сосенушкин С.Е., Климанов В.П. Протокол разовой адаптивной маршрутизации с балансировкой нагрузки и оценка его эффективности // Вестник МГТУ Станкин. – 2010. – № 1. – С. 139–145.

10. Раппопорт П.А. Строительное производство Древней Руси (X–XIII вв.) [Электронный ресурс]. – URL: http://tehlib.com/architektura/stroitel-ny-e-konstruktsii-fundament/ (дата обращения: 21.03.18).

11. Navara M., St'astny J. Enhancement of Mamdani Fuzzy Controller [Электронный ресурс]. – URL: https://docviewer.yandex.ru/?url=http%3A%2F%2Fwww.eusflat.org%2Fproceedings%2FEUSFLAT_2001%2Fpapers%2F168_Navara.pdf&name=168_Navara.pdf&lang=en&c=57075a3dc0ab (дата обращения: 21.03.18).

УДК 004.056.55

АНАЛИЗ ШИФРА «КУЗНЕЧИК» МЕТОДОМ СВЯЗАННЫХ КЛЮЧЕЙ

Ищукова Е.А., Красовский А.В., Половко И.Ю.

Южный федеральный университет, Институт компьютерных технологий и информационной безопасности, Таганрог, e-mail:an.krasowsckij@gmail.com

Объектом исследования является блочный симметричный шифр «Кузнечик», который является национальным стандартом РФ в области шифрования. Средством исследования является метод связанных ключей, который позволяет оценить надёжность и криптостойкость данного шифра. Результатом работы являются обнаруженные способы применения метода связанных ключей к шифру «Кузнечик», систематизированные дифференциальные свойства блоков шифра, созданные алгоритмы определения значений подключей, а также логические заключения о структурировании и классифицировании подходов к анализу шифра «Кузнечик» с помощью метода связанных ключей. Для проведения тестирования и определения временной сложности был реализован шифр на языках программирования C и на Python. Результаты показали, что к алгоритму «Кузнечик» применим метод анализа связанных ключей, при условии что в используемые раундовые подключи внесено нарушение по определенному принципу. Также показано, что при использовании классической реализации, определенной в стандарте ГОСТ Р 34.12 – 2015, шифр «Кузнечик» остается устойчивым к атакам на основе связанных ключей. Проведенные теоретические расчеты подтверждаются экспериментальными данными, полученными с использованием разработанных и реализованных алгоритмов анализа на основе метода связанный ключей.

Ключевые слова: анализ, связанные ключи, дифференцирование, «Кузнечик», ГОСТ Р34.12-2015

ANALYSIS OF THE CIPHER KUZNECHIK BY THE RELATED KEYS METHOD

Ischukova E.A., Krasovskiy A.V., Polovko I.Yu.

Southern Federal University, Institute of Computer Technologies and Information Security, Taganrog, e-mail: an.krasowsckij@gmail.com

The subject of research is a block symmetric cipher Kuznechik, which is the national standard of the Russian Federation in encryption. The means of investigation is the method of related keys, which makes it possible to evaluate the reliability and cryptographic strength of this cipher. The results of the work are the discovered ways to apply the method of related keys to the Kuznechik, the differential cryptanalysis's properties of the cipher blocks, the algorithms for determining the values of the subkeys, as well as logical conclusions about structuring and classification approaches to the analysis of the cipher Kuznechik using the related key method. To conduct testing and determine the time complexity, a cipher in C and Python was implemented. The results showed that the Kuznyechik algorithm is applicable to the related keys method, provided that the violation is applied to the used round plug-ins according to a certain principle. It is also shown that when using the classical implementation defined in the standard GOST R 34.12 – 2015, the Kuznyechik cipher remains resistant to attacks based on related keys. The carried out theoretical calculations are confirmed by experimental data obtained using developed and implemented analysis algorithms based on the related key method.

Keywords: analysis, related keys, differentiation, Kuznyechik, GOST R34.12-2015

Анализ криптографических алгоритмов представляет собой актуальную и востребованную научную работу. Существует множество способов анализа шифров, и одним из них является метод связанных ключей [1]. Метод связанных ключей (МСК) оценивается как эффективный криптографический подход к анализу. В настоящий момент МСК уже успешно опробован на мировых и национальных стандартах шифрования [2–4], но остаётся только теоретической атакой с высоким уровнем допущений относительно знаний аналитика.

Разработчики современных шифров создают сложные процедуры генерации подключей и учитывают МСК. Также они стремятся разрабатывать шифры, которые будут оптимально реализованы на конкретных вычислительных устройствах. Такой двойственный учёт теоретической и практической стороны оправдан и предоставляет высокую степень криптостойкости, но не разрешает все потенциальные проблемы.

По мнению авторов данной статьи, одной из таких проблем может быть использование основ МСК во взаимосвязи с иными видами атак и анализа. Проблема актуальна и для шифра «Кузнечик». Данный алгоритм является современным национальным стандартом РФ в области шифрования. Определение криптостойкости шифра «Кузнечик» является важным процессом, так как стойкость – это основополагающий фактор при выборе алгоритмов шифрования в рамках комплекса мер обеспечения информационной безопасности.

В связи с положениями, описанными выше, было проведено исследование «Кузнечика» с целью определения стойкости шифра относительно МСК с выделением и изучением уникальных свойств и осо-

бенностей алгоритма (вырабатывая другие подходы к анализу). В исследовании уровень знания аналитика повышался по необходимости.

Достижением данной работы является выявление параметров восстановления ключа для большего количества раундов (максимально 5 и 6) по сравнению с другими работами в данной тематике [5, 6].

В работе определяется и описывается структура шифра, определяются все необходимые для достижения цели свойства шифра. Далее определяются алгоритмы восстановления промежуточных значений процессов шифрования/дешифрования и описывается алгоритм восстановления ключа.

Структура шифра «Кузнечик»

ГОСТ 34.12-2015 [7] «Кузнечик» является блочным симметричным шифром. Он реализован в соответствии с SP сетью, где процесс дешифрования обратен шифрованию. Вход/выход и промежуточные значения имеют размерность 128 бит, ключ имеет размерность 256 бит. Всего «Кузнечик» состоит из 10 блоков: S и $\acute{S}$, p и $\acute{p}$, L и $\acute{L}$, R и $\acute{R}$, X и l. Где блок X представляет из себя блок побитового сложения двух входных значений по модулю два.

Блоки замены байта p и $\acute{p}$ применяются в рамках блоков S и $\acute{S}$ соответственно и имеют размерность 8 бит. «Кузнечик» имеет предустановленные таблицы замены, которые можно считать массивами с индексами. Выходом блоков p и $\acute{p}$ является значение, взятое в таблице замены по индексу равному значению входа.

Блоки замены S и $\acute{S}$ имеют входную/выходную размерность 128 бит. Входное битовое слово разделяется по 8 бит последовательно непрерывно. Каждый полученный байт заменяется с помощью p и $\acute{p}$ блока. Значения после p и $\acute{p}$ блоков организуют выходное слово в соответствии с входным порядком битов. Обозначим логическое разбиение 128-битного текста на 16 байт как $a = a_{15} \| a_{14} \| \ldots \| a_0$, $a \in V_{128}$; Схематичное представление блоков S и $\acute{S}$ приведено на рис. 1.

Блок l имеет размерность входа/выхода 128/8 бит соответственно. Выход генерируется в соответствии с уравнением $l(a)$. Умножение и сложение происходят в поле $GF(2)[x]/p(x)$, где $p(x) = x^8 + x^7 + x^6 + x + 1$.

$$l(a) = 145 * a_{15} + 32 * a_{14} + 133 * a_{13} + 16 * a_{12} + 194 * a_{11} +$$

$$+192 * a_{10} + 1 * a_9 + 251 * a_8 + 1 * a_7 + 192 * a_6 + 194 * a_5 +$$

$$+16 * a_4 + 133 * a_3 + 32 * a_2 + 148 * a_1 + 1 * a_0 .$$

Блоки R и $\acute{R}$ имеют размерность входа/выхода 128 бит. Они используют блок l для вычисления нового старшего байта.

$$R(a_{\text{вход}}) = l\left(a^{15}_{\text{вход}} \| a^{14}_{\text{вход}} \| \ldots \| a^{0}_{\text{вход}}\right) \| a^{15}_{\text{вход}} \| a^{14}_{\text{вход}} \| \ldots \| a^{1}_{\text{вход}}$$

$$\acute{R}(a_{\text{вход}}) = a^{14}_{\text{вход}} \| a^{13}_{\text{вход}} \| \ldots \| l\left(a^{14}_{\text{вход}} \| a^{13}_{\text{вход}} \| \ldots \| a^{1}_{\text{вход}} \| a^{15}_{\text{вход}}\right)$$

Блоки L и $\acute{L}$ имеют размерность входа/выхода 128 бит. Они используют R и $\acute{R}$ соответственно последовательно 16 раз.

$$L(a_{\text{вход}}) = R^{16}(a_{\text{вход}})$$

$$\acute{L}(a_{\text{вход}}) = \acute{R}^{16}(a_{\text{вход}})$$

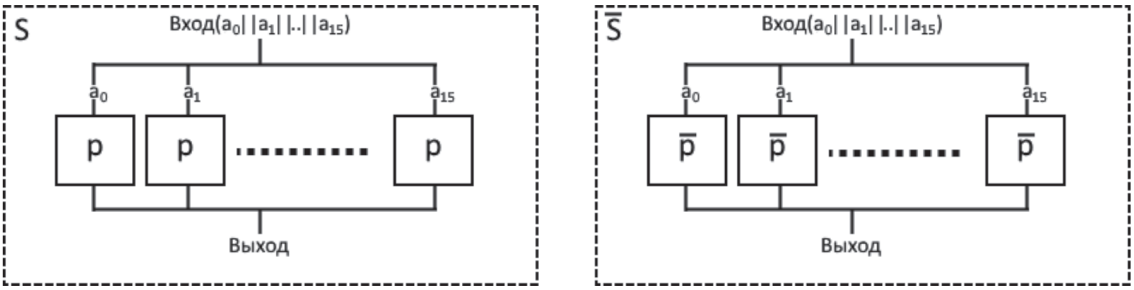


Рис. 1. Схематичное представление блоков S и Ś, где показан процесс преобразования входного значения $a = a_{15} \| a_{14} \| \ldots \| a_0$

Процессы шифрования и дешифрования отображаются формулами (1, 2) соответственно. Обозначим $C \in V_{128}$ как закрытый текст и $P \in V_{128}$ как открытый текст.

$$C = X(K_{10})LSX(K_9)\ldots LSX(K_1)(P), \quad (1)$$

$$P = X(K_1)S'L'X(K_2)\ldots S'L'X(K_{10})(C). \quad (2)$$

Ключ шифра имеет размерность 256 бит, а подключ 128 бит. Генерируется 10 подключей для 9 раундов и заключающего X блока. Для выработки подключей используется 32 постоянных продекларированных в стандарте значений C_i. Обозначим старшие 128 бит ключа шифрования как K_1, а младшие K_2.

$$C_i := L(i), i := 1,2,\ldots,32,$$

$$F[C_n](K_{i-1}, K_i) = \left(LSX(C_n)(K_{i-1}) \oplus K_i, K_{i-1}\right),$$

$$\left(K_{2i+1}, K_{2i+2}\right) = F\left[C_{8(i-1)+8}\right]\ldots F\left[C_{8(i-1)+1}\right]\left(K_{2i-1}, K_{2i}\right), i := 1,\ldots,4.$$

Свойства шифра «Кузнечик»

При исследовании структуры шифра на наличие возможных способов применения МСК было установлено, что необходимо анализировать промежуточные дифференциалы процессов шифрования/дешифрования. Промежуточное значение (ПЗ) – это 128-битное слово, которое является результатом вычисления предыдущего блока и входом последующего.

В данном разделе рассматриваются необходимые для МСК дифференциальные свойства (ДС). Дифференциальными свойствами обладает как шифр в общем, так и в частности блоки и их объединения. Шифр имеет 5 основных общих блоков S и $\acute{S}$, L и $\acute{L}$, X и, следовательно, далее рассматривается их ДС.

Блок X представляет из себя простой и понятный элемент шифра. Он обладает известной структурой, и его свойства соответствуют ДС побитового сложения по модулю два.

Блоки L и $\acute{L}$, при рассмотрении с позиции ДС, обладают свойством дистрибутивности. Обозначим значения $a, b \in V_{128}$ как входные значения двух процессов преобразования с помощью L и $\acute{L}$. Схематично данное ДС изображено на рис. 2.

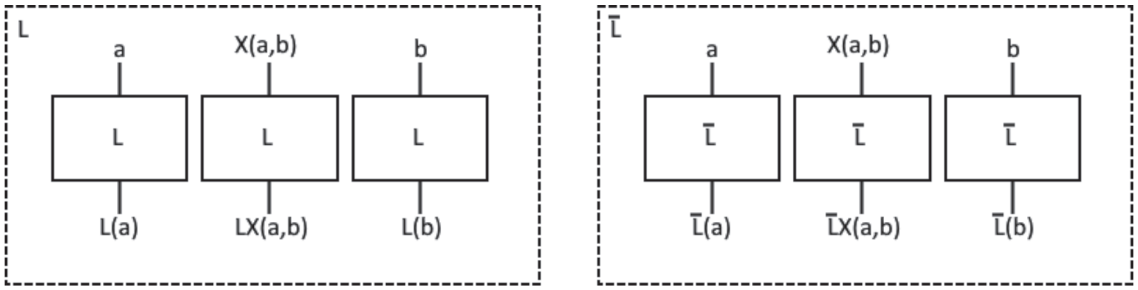


Рис. 2. Схематичное представление ДС блоков L и Ĺ, где X(a, b) является дифференциалом входных значений

$$L(a \oplus b) = L(a) \oplus L(b)$$

$$L'(a \oplus b) = L'(a) \oplus L'(b)$$

Блоки S и $\acute{S}$ обладают ДС блоков p и $\acute{p}$. При изучении ДС блоков p и $\acute{p}$ было выявлено, что разные дифференциалы входов образуют неодинаковое количество неповторимых выходных дифференциалов. Данное ДС для уникальности обозначим как свойство неравномерности распределения (СНР). Далее рассматривается СНР p блока.

a/b	.0	.1	.2	.3	.4	.5	.6	.7	.8	.9	.A	.B	.C	.D	.E	.F
0.	1	108	102	109	109	107	100	107	107	106	105	110	109	105	111	104
1.	110	110	105	108	106	107	106	102	110	110	107	104	113	105	109	109
2.	102	102	110	106	108	105	98	105	111	107	105	108	109	102	104	106
3.	112	113	109	100	114	113	110	103	111	107	108	107	108	107	107	108
4.	105	107	107	106	106	109	110	104	108	103	106	111	104	109	111	105
5.	106	110	108	108	104	107	103	106	114	110	104	108	104	112	104	109
6.	110	107	111	103	105	104	108	114	109	110	103	106	106	107	107	108
7.	110	106	105	101	108	104	107	108	104	112	109	107	107	104	107	106
8.	103	110	104	108	114	102	103	107	106	107	105	107	110	100	110	102
9.	104	108	105	108	110	105	107	113	101	107	109	113	107	105	100	106
A.	113	105	109	111	109	101	102	107	110	100	106	110	107	103	105	106
B.	110	103	105	106	104	101	110	110	110	112	110	113	105	111	108	105
C.	111	106	111	105	107	109	99	104	103	105	106	111	109	103	106	108
D.	109	106	113	102	103	112	108	104	105	111	106	106	105	105	111	105
E.	105	112	107	105	104	109	106	109	102	107	109	107	109	106	103	104
F.	106	111	108	112	106	107	114	107	113	112	112	113	103	108	109	112

Рис. 3. СНР p блока с таблицей замены соответствующей стандарту, где минимальные возможные и невозможные повторения выходного дифференциала обозначаются цветом

СНР был практически подсчитан и представлен на рис. 3, где $a,b \in V_4$ – это левая и правая часть входного дифференциала соответственно. На данном рисунке значение, соответствующее входному дифференциалу, обозначает количество уникальных выходных дифференциалов, полученных из входного.

Как видно выше, минимальное значение повторений 98, а максимальное 114. Выходные дифференциалы входного дифференциала равного 0 являются уникальными. Выходные дифференциалы d_i от входного 0x26 образуются в соответствии с формулой

$$d_i = p(i) \oplus p(i \oplus 0x26), i = 0,1,\ldots,255. \quad (3)$$

Другим свойством p и $\acute{p}$ блоков является неравномерность распределения повторений (СНП). СНП заключается в неравномерности повторений выходных дифференциалов. СПН следует из СНР. Так, известно, что для любого входного дифференциала существует 256 выходных дифференциалов. Если обратить внимание на рис. 3, то становится очевидно, что какие-то уникальные выходные дифференциалы должны повторяться.

Пусть $d_i^{вх}$ входной дифференциал p блока, а $\left[d_i^{вх}\right]$ список выходных дифференциалов полученных от $d_i^{вх}$ по формуле (3). Обозначим $\left[\left[d_i^{вх}\right]\right]$ как список уникальных значений в списке $\left[d_i^{вх}\right]$. В таком случае СНП можно определить как распределение повторений значений из списка $\left[\left[d_i^{вх}\right]\right]$ в списке $\left[d_i^{вх}\right]$.

В основном СНП полезен для МСК из-за количества повторений в 2 раза. Это наиболее распространённое повторение, так как здесь используются дифференциалы.

Алгоритм восстановления промежуточных значений

Для восстановления ключа шифрования/дешифрования требуется не дифференциал ПЗ, а его значение. Для получения значения ПЗ из его дифференциала был разработан алгоритм восстановления значений ПЗ (АВЗ).

АВЗ основан на СНП блока p, так как он может быть использован при шифровании и дешифровании и позволяет стандартизировать подход к анализу. СНП заключается в p блоке, а данный блок используется в S блоке. Таким образом, АВЗ позволяет восстанавливать значение на входе и выходе S блока. Для применения АВЗ необходим известный дифференциал ПЗ на входе и выходе, разбитые последовательно и непрерывно на байты. Обозначим данные дифференциалы на входе и выходе как $D^{вх}$ и $D^{вых}$ соответственно, а их байт как $d_i^{вх}$ и $d_i^{вых}$. Далее следует распределить разбитые байты в соответствии с формулой

$$\left(d_0^{вх}, d_0^{вых}\right), \left(d_1^{вх}, d_1^{вых}\right), \ldots, \left(d_{15}^{вх}, d_{15}^{вых}\right). \quad (4)$$

Все полученные пары необходимо соотнести с СНП p блока и получить потенциальные значения пар входов и выходов. Далее следует собрать все пары на входе/выходе и соотнести их соответственно с входом/выходом. В заключение следует ском-

бинировать все возможные пары значений ПЗ, которые образуют $D^{вх}$ / $D^{вых}$. Выявлено, что минимально возможно восстановить 2^{16} пар значений ПЗ при использовании АВЗ, а максимально 2^{48}.

Алгоритм восстановления ключа

При восстановлении ключей с помощью МСК было установлено, что шифр «Кузнечик» можно представить как криптографический алгоритм с уменьшенным количеством раундов и с нарушенным принципом генерации подключей. Распределим изучаемые представления:

1. Шифр с количеством раундов < 9, выработка подключей нарушено – $К_1$.
2. Шифр с количеством раундов 10, выработка подключей нарушена – $К_2$.
3. Шифр с количеством раундов < 9, стандартная выработка подключей – $К_3$.
4. Шифр с количеством раундов 10, стандартная выработка подключей – $К_4$.

Для всех $К_i$, i = 1, 2, 3, 4 применяется один и тот же алгоритм. Его реализация требует минимум три процесса дешифрования, где подключи взаимосвязаны. Открытый и закрытый текст известны аналитику. Взаимосвязь подключей известна для пар процессов дешифрования, как отображено на рис. 4.

Восстановление ключа совершается в два этапа. На первом этапе в соответствии с рис. 4 используется пара (i, i + 1) процессов дешифрования, а на втором (i, i + 2).

Для первого этапа взаимосвязь подключей должна иметь вид, который позволит восстановить дифференциал ПЗ на входе и выходе последнего S блока. Это предоставит условия для применения АВЗ и восстановления возможных первых подключей.

Для второго этапа взаимосвязь подключей должна иметь вид, который позволит восстановить дифференциал ПЗ на входе и выходе предпоследнего S блока. Учитывая знание первого подключа для i-го процесса дешифрования, можно применить АВЗ и восстановить возможные вторые подключи. После восстановления для i-го процесса дешифрования списка возможных первых и вторых подключей, следует их скомбинировать попарно и проверить.

Изучая все представления шифра «Кузнечик» $К_i$, i = 1, 2, 3, 4, было выявлено, что $К_1$ и $К_2$ идентичны. Для представления $К_3$ были найдены способы применения алгоритма восстановления ключа для пяти и шести подключей с разной сложностью. Представление $К_4$ оказалось абсолютно стойким для МСК в виде, представленном в данной работе. Известно, что $К_4$ соответствует реализации шифра «Кузнечик» по стандарту ГОСТ Р 34.12 – 2015.

Временная сложность и количество восстановленных мастер-ключей разных представлений отображены в таблице. В таблице используются следующие обозначения и сокращения: Мин/Среднее/Макс – это минимальное/среднее/максимальное значение, с – количество восстановленных мастер ключей, символ «–» обозначает неопределённость, t – это количество затрачиваемого времени для вычисления соответствующего количества восстановленных мастер-ключей. Использовался ноутбук HP Pavilion G6, с процессором AMDA10-4600MAPU 2.30 GHz, ОЗУ 8 ГБ и Windows 10x64.

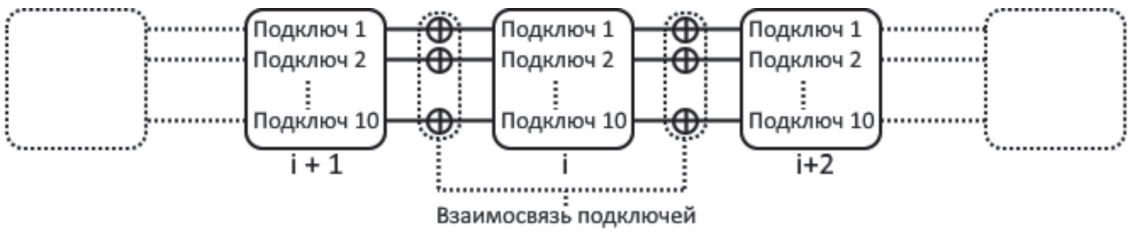


Рис. 4. Схематичное представление взаимосвязи подключей процессов дешифрования, где каждый процесс дешифрования представлен прямоугольным блоком

Вычислительная и временная сложность восстановления ключа

Представление	Мин. с	Макс. с	Среднее с	Мин. t	Среднее t
$К_1$ и $К_2$	2^{16}	2^{96}	2^{24}	16 с.	2 ч. 11 мин.
$К_3$, 5	2^{16}	$103*2^{96}$	2^{25}	16 с.	1 ч. 33 мин.
$К_3$, 6	2^{16}	2^{222}	–	16 с.	–

Результатом работы являются обнаруженные способы применения метода связанных ключей к «Кузнечику», систематизированные дифференциальные свойства блоков шифра, созданные алгоритмы определения значений подключей, а также логические заключения о структурировании и классифицировании подходов к анализу шифра «Кузнечик» с помощью метода связанных ключей.

Список литературы

1. Eli Biham, Orr Dunkelman, Nathan Keller. A Simple Related-Key Attack on the Full SHACAL-1 [Электронный ресурс]. – URL: http://u.math.biu.ac.il/~nkeller/article-842.pdf (дата обращения: 17.04.2018).

2. Vladimir Rudskoy. On zero practical significance of «Key recovery attack on full GOST block cipher with zero time and memory» [Электронный ресурс]. – URL: https://eprint.iacr.org/2010/111.pdf (дата обращения: 17.04.2018).

3. Biryukov A., Khovratovich D. Related-key Cryptanalysis of the Full AES-192 and AES-256 [Электронный ресурс]. – URL: http://eprint.iacr.org/2009/317.pdf (дата обращения: 17.04.2018).

4. Пудовкина М.А., Хоруженко Г.И. Атака на шифросистему ГОСТ 28147-89 с 12 связанными ключами [Электронный ресурс]. – URL: http://kaf42.mephi.ru/wp-content/uploads/2015/12/mvk88.pdf (дата обращения: 17.04.2018).

5. Ищукова Е.А., Красовский А.В., Бабенко Л.К. Оценка стойкости шифра «Кузнечик» с использованием метода связанных ключей // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 11–4. – С. 698–703.

6. Ищукова Е.А., Красовский А.В. Возможность применения метода связанных ключей к анализу алгоритма «Кузнечик» // Вестник научных конференций. – 2016. – № 11–6(15). – С. 103–104.

7. ГОСТ 34.12.-2015 «Кузнечик» [Электронный ресурс]. – URL: http://wwwold.tc26.ru/standard/gost/GOST_R_3412-2015.pdf (дата обращения: 17.04.2018).

УДК 712.3(410.111)

ВИСЯЧИЕ САДЫ ЛОНДОНА НАЧАЛА XX ВЕКА

Киреева Т.В.

ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный архитектурно-строительный университет», Нижний Новгород, e-mail: tkireeva2005@yandex.ru

Настоящая статья является промежуточным результатом и продолжением исследования истории возникновения и развития висячих садов на крышах общественных зданий в мировой практике архитектуры, выявления теоретических и практических принципов проектирования и организации городской среды. Рассмотрен проект создания висячего сада на крыше универмага Селфридж (Selfridges), являющегося пионером в создании общественного зеленого пространства, которое использовалось для отдыха и проведения различных мероприятий. Висячие сады, созданные в 1909 г., способствовали дальнейшему распространению идеи озеленения крыш зданий. Следующим этапом стало строительство полноценного сада на крыше универмага «Дерри и Томса» (Derry and Toms) в 1938 г., автором которого был английский садовод Ральф Хенкок (Ralph Hancock), создавший Сады Наций Рокфеллер-центра в Нью-Йорке (1936 г.). Одним из этапов данного исследования является изучение творческого метода Ральфа Хенкока, внесшего значительный вклад в развитие технологии устройства «зеленой» крыши и продвижение идеи создания общественных садов на крышах зданий, что в значительной степени повлияло на распространение висячих садов по всему миру в начале XX века.

Ключевые слова: висячие сады, «зеленые» крыши общественных зданий, сады на крышах, Ральф Хенкок

HANGING GARDENS OF LONDON IN THE BEGINNING XX THE CENTURY

Kireeva T.V.

Nizhny Novgorod State University of Architecture and Construction, Nizhny Novgorod, e-mail: tkireeva2005@yandex.ru

This article is an intermediate result and a continuation of the study of the history of the emergence and development of hanging gardens on the roofs of public buildings in the world practice of architects, the identification of theoretical and practical principles of design and organization of the urban environment. The project of creation of a hanging garden on the roof of the Department store Selfridge (Selfridges), which is a pioneer in the creation of public, green space, which was used for recreation and various events. Hanging gardens, created in 1909, contributed to the further spread of the idea of landscaping the roofs of buildings. The next step was the construction of a full garden on the roof of the Department store «Derry and Toms» (Derry and Toms) in 1938, the author of which was an English gardener Ralph Hancock (Ralph Hancock), who created the Gardens of the Nations Rockefeller center in new York (1936). One of the stages of this study is the study of the creative method of English landscape architect Ralph Hancock, who made a significant contribution to the development of green roof technology and the promotion of the idea of creating public gardens on the roofs of buildings, which greatly influenced the spread of Hanging Gardens around the world in the early twentieth century.

Keywords: hanging gardens, green roofs for public buildings, roof gardens, Ralph Hancock

Создание висячих садов на крышах общественных зданий является сегодня важной альтернативой расширения площадей зеленых зон общей доступности для урбанизированных городов. Приемы озеленения и простейшие технологии создания висячих садов были разработаны еще несколько веков назад, но до сих пор считаются трудоемкими и вызывают сомнения в использовании их для широких общественных нужд. Наше исследование, направленное на изучение методов проектирования, разработки технологий и создания садов на крышах зданий, показывает исторический опыт использования крыш общественных зданий начала XX века, который может быть использован и сегодня.

Цель работы – выявление приемов создания висячих садов в начале XX века, исследование теоретических предпосылок и практических принципов проектирования. Одним из этапов исследования является изучение творчества английского ландшафтного архитектора Ральфа Хенкока (Ralph Hancock), заложившего основы создания висячих садов на крышах общественных зданий Америки и Англии, которые в дальнейшем стали широко применяться и в других странах.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования являются висячие сады общественных зданий начала XX века в Англии. Для изучения темы использованы следующие методы научного исследования:

– метод системного анализа, позволяющий получить полные и глубокие знания о предмете изучения, как единого процесса развития истории архитектуры;

– исторический принцип лежит в основе исследования архитектурной и ландшафтной практики с целью выявления общих закономерностей;

– принцип комплексного рассмотрения создания висячих садов основан на анализе литературных

источников, архивных материалов, проектных материалов, изучении исторических фотоматериалов; также в работе применяются методы архитектурно-композиционного, стилистического, типологического и градостроительного анализа, что позволяет говорить о комплексном подходе к изучаемой теме. Отсутствие в отечественной теории литературных источников по теме исследования, с одной стороны, подтверждает новизну исследования, а с другой стороны, объясняет широкое использование зарубежных источников сети Интернет.

Результаты исследования и их обсуждение

Конец XIX и начало XX вв. в истории развития архитектуры характеризуются дальнейшей демократизацией архитектуры и развитием ее типологии. Так возникшие в Америке новые офисные здания-небоскребы, отели, магазины-универмаги стали использовать крышу здания для отдыха посетителей и привлечения покупателей, предоставляя им новые удобства – кафе, бары, рестораны на свежем воздухе с панорамными видами на город.

Необходимо отметить, что идея устройства сада на крыше универмага была не нова и для Лондона. Небольшие сады на крыше, в сочетании с чайными залами и ресторанами, были популярны в английских магазинах с эдвардианского периода [1]. Но висячие сады как новый элемент типологии ландшафтной архитектуры с развитой функцией, большей площадью, продолжительностью использования и как основа идеи новой комфортной среды, дающей дополнительную прибыль, впервые была реализована на крыше здания универмага Селфридж (Selfridges) [2], открытого Гордоном Селфриджем (Gordon Selfridge) в марте 1909 г. Это была первая очередь строительства грандиозного универмага общей площадью 50 000 м^2, завершившегося в 1929 г. Гордон Селфридж был пионером торгового дела нового типа [3]. Его прогрессивные идеи организации торговли заложили основы новых приемов обслуживания покупателей, корпоративной этики и являются до сих пор неоспоримыми законами и правилами. Так, по идее Гордона, отдых, после посещения многочисленных магазинов, в окружении сада, с неспешной беседой за чашкой чая, будет создавать благоприятные условия для привлечения покупателей, повышения имиджа и прибыли магазина. Проект здания универмага, с новой для того времени каркасной системой конструкций, разработал известный чикагский архитектор Даниел Бернем (Daniel Burnham) (рис. 1).

Висячие сады универмага Селфридж представляли собой открытое, солнечное, когда это было возможным, пространство крыши, откуда открывались красивые виды на город. Здесь было создано два типа сада – открытое пространство регулярного типа с обширным газоном и заниженным бассейном в центре – Водный сад (рис. 2) и природный Альпийский сад, узкой полосой расположенный вдоль парапета здания. Обширный зеленый партер Водного сада позволял не только наслаждаться красивыми видами, но и активно использовался для проведения различных мероприятий в течение всего года. Здесь устраивались показы мод, выступали знаменитые танцоры, катались на коньках, играли в теннис победители Уимблдона и открыли первую площадку для игры в мини-гольф (рис. 4, 5) [4].

Альпийский сад в природном стиле был оформлен луговыми травами и травянистыми растениями; извилистым ручьем, бегущим сквозь нагромождение больших камней, отголосков Альпийских гор. Туризм, отдых в горах, альпинизм и катание на горных лыжах только входили в моду и будили в посетителях садов воспоминания или мечты о путешествиях.

Рис. 1. Здание универмага Selfridges Гордона Селфриджа с висячими садами на крыше. Архитектор Д. Бернем. Лондон (1909 г.)

Рис. 2. Вид на Водный сад (1915 г.)

Основу садов составляли кустарники, цветочные растения, лианы. Однорядная посадка деревьев на штамбе по периметру партера имела второстепенную роль, в композиции сада акцентами выступали вазоны с яркими цветами. Озеленение и цветочное оформление выполнялось в виде контейнеров и приподнятых участков (рис. 3), обрамленных натуральным камнем. Высокий парапет, ограждающий сад, со стороны улицы был украшен флагами, а для традиционного чаепития на противоположной стороне была организована теневая галерея, увитая лианами. В течение почти тридцати лет сад на крыше универмага был популярным и модным местом прогулок и встреч после посещения магазинов Лондона. Здесь работали танцевальный и оружейный клубы.

Рис. 3. Вид на Английский сад

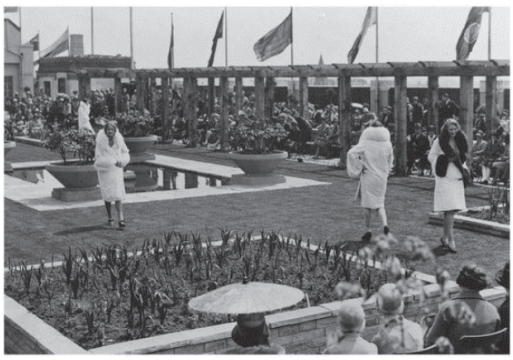


Рис. 4. Показы мод на зеленых лужайках сада (1920-е гг.)

Рис. 5. Первая английская площадка для мини-гольфа в саду на крыше Selfridges (1930 г.)

Во время войны в 1940 г. здание универмага и сады подверглись разрушительной бомбардировке и в дальнейшем, по воле Г. Селфриджа, уже не восстанавливались. Новая жизнь садов началась только в 2011 г. в оригинальном решении – разместить на крыше не сад, а искусственную реку для катания на лодках, что было в духе креативных идей первого владельца Г. Селфриджа.

Висячие сады в дальнейшем были использованы для оформления престижного универмага «Дерри и Томс» (Derry and Toms) в районе Кенсингтонского королевского парка. Сады на крыше были мечтой вице-президента компании Barkers, Тревора Боуэна, который, будучи в Нью-Йорке, посетил висячие сады Рокфеллер-центра, выполненные английским садоводом Ральфом Хэнкоком (Ralph Hancock) [5], и загорелся идеей украсить крышу универмага, что приносило бы дополнительные коммерческие выгоды. По месту расположения садов их часто стали называть «Кенсингтонские висячие сады» (Kensington Roof Gardens). В декабре 1935 г. Ральф Хэнкок был приглашен в Лондон для выполнения нового проекта.

Сад на крыше «Дерри и Томса» площадью около 6 тыс. м^2 должен был поразить всех своим масштабом и коммерческим успехом. Здание универмага «Дерри и Томс» было построено в 1933 г. по проекту Джорджа Бернарда (George Bernard) в силе ар-деко – солидное шестиэтажное здание с большими витринными окнами и отделанное изящными фризами из кованого металла (скульптор Вальтер Гильберт) и рельефами «Труд и технология» (Чарьз Мэбей). При строительстве была применена новая американская технология «горизонтальной» системы – несущий каркас принимал на себя все нагрузки, и свободный план больше не имел регламентов в размещении перегородок, что позволяло выполнять гибкую планировку с активным использованием торговых площадей. Восемь лифтов, в богатой отделке ониксом и черным мрамором, соединяли крышу и шесть этажей здания. Ресторан «Радужная комната» (Rainbow Room) на пятом этаже был перекрыт большим световым фонарем с неоновой подсветкой и поднимался над крышей будущего сада. Интерьеры были «щедро» оформлены в силе арт–деко изысканной мебелью, коврами и золотой фурнитурой, по словам современников, «Дерри и Томс» имел все: «…у него был дух и блеск!» [6].

Сады на крыше универмага должны были по своему размаху и обустройству отвечать высокому статусу универмага (рис. 6). И Ральф Хэнкок приступил к работе, взяв за основу Сады Наций Рокфеллер-

центра, и выбрал три темы: исторический английский Сад Тюдоров (рис. 7), Английский лесной сад (рис. 8) и Испанский сад (рис. 9) для поддержания солнечной темы в туманном Альбионе.

В новой работе Ральф использовал предыдущий опыт и применил разработанную им технологию создания сада на насыпном грунте толщиной 60 см, что позволяло создавать практически природные ландшафты. Дренаж включал битый камень, золу и щебень, а битумная мастика обеспечивала надежную гидроизоляцию как при поливе, где использовалась вода из двух собственных артезианских скважин, так и при устройстве водоемов и ручья. По периметру сад был выгорожен стеной в 2,5 м высотой, что обеспечивало надежную защиту сада от ветра, визуальную изоляцию для создания образа тематических садов. Инженерные коммуникации были проложены в пространстве между парапетом и декоративной стеной крыши. Трубы для полива шли вдоль стены ресторана [2] от водных резервуаров, расположенных у наружной стены в западной части крыши.

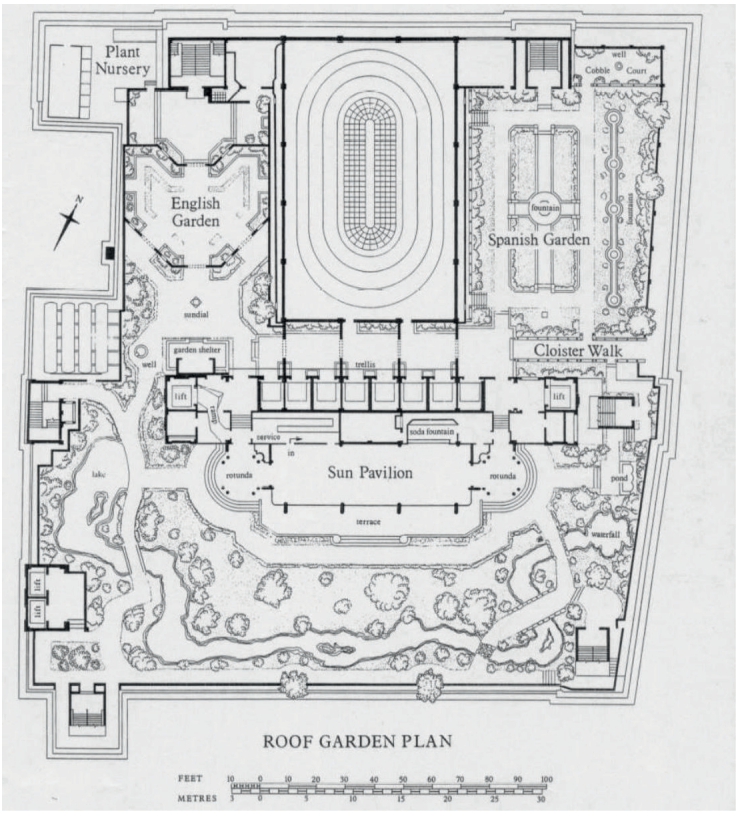


Рис. 6. План висячих садов на крыше универмага «Дерри и Томса». Ральф Хенкок, 1938 г. [6]

Рис. 7. Сад Тюдоров

Рис. 8 Солнечный павильон и Английский лесной сад

Сады занимали часть крыши и располагались вокруг центрального сооружения – Солнечного павильона с двумя ротондами и стеклянной крыши Радужного ресторана (рис. 6).

Рис. 9. Испанский сад на крыше универмага «Дерри и Томса»,1938 г.

Рис. 10. Водный канал Испанского сада (2014 г.)

Справа размещался Испанский сад прямоугольной формы регулярного стиля по подобию садов Альгамбры, где по традиции восточных садов узкий канал соединял пять водных каскадов и был по всей длине украшен вечнозелеными кипарисами и разноцветной посадкой летников (рис. 9, 10). Основная часть сада была разделена осевыми дорожками на четыре партера, приподнятых на 45 см от общего уровня. В центре композиции находился традиционный восьмиугольный фонтан, окруженный четырьмя пальмами. Белоснежная чаша фонтана и подпорные стенки украшены средиземноморской плиткой. Для воссоздания облика Альгамбры было выстроено здание четырехугольной башни с черепичной крышей, являющейся доминантой сада. Пристенные галереи и аркада, отделяющая Булыжный двор, были выполнены в мавританском стиле с легкими витыми колоннами и богатой декоративной пластикой. Галереи, расположенные в тени, давали прохладу и уединение посетителям. В центре Булыжного двора располагался традиционный каменный колодец. Два вяза и вишни завершали композицию малого пространства. С юга сад ограничивала прогулочная монастырская галерея (Cloister Walk), увитая лианами. В Испанском саду преобладали пальмы и пышные травянистые; фатсия, кордолина, новозеландский лен [7], а также яркие цветочные растения. На противоположной стороне крыши граненая красно-кирпичная форма с традиционными арками из светлого камня выделяла сад в стиле Тюдор. Небольшое пространство было организовано для тихого отдыха и любования многочисленными декоративными и вьющимися растениями – виноградом, летним жасмином, глицинией, ампелопсисом, трахелоспермумом (рис. 7). Перед входом в сад Тюдоров на открытой площадке были установлены традиционные солнечные часы, а напротив устроена садовая беседка, от которой начиналась галерея, или система глубоких комнат, разделенных арками Тюдоров.

Южная сторона крыши, где росли большие деревья, травы, журчал ручей, была отдана под Английский лесной сад. Здесь росли: дуб черешчатый, каштаны, кёльрейтерия метельчатая, клены. Извилистый ручей бежал через весь сад от водопада до впадения в озерцо, затененное айлантом, зарослями бамбука, фатсии. Плакучие ивы, платан, тополь дополняли образ лесного ландшафта (рис. 8). Ручей был обрамлен камнем, большими валунами местного, озерного камня. Вскоре после открытия садов здесь поселилась семья уток мандаринка, а в дальнейшем – розовые фламинго.

При оформлении сада было высажено около 500 различных сортов деревьев и кустарников, около 15 тыс. корневищ и луковиц различных многолетних растений [8]. Для выращивания рассады в западной части сада был устроен собственный питомник, дающий ежегодно до 38 тыс. растений.

Сады были завершены и открыты в мае 1938 г. Их стоимость была значительной – 25 000 фунтов стерлингов [8]. В последующие 35 лет сады процветали и привлекали публику, увеличивая коммерческий доход. Даже в период Второй мировой войны сады были координационным центром для поднятия патриотического духа и многие политики, лорды, герои войны побывали здесь. Часть зданий на крыше была повреждена во время бомбежки и в дальнейшем реконструирована, а сады дополнены новыми посадками. Сады, неоднократно менявшие владельцев, сохранились и успешно существуют в наше время.

В 1953 г. сады были зарегистрированы в соответствии с «Законом об исторических зданиях и древних памятниках» в Реестре исторических парков и садов Английского

наследия за их историческую и культурную значимость. А в 1986 г. в связи с их огромной популярностью сады были удостоены статуса II Степени наследия Англии (Grade II listing by English Heritage), что защищает сады от несанкционированного изменения или уничтожения [6]. Новый ресторан и клуб, открытые на крыше, привлекают публику и способствуют поддержанию садов.

Заключение

Представленные материалы исследования демонстрируют вклад ландшафтных архитекторов и архитекторов в расширение возможностей использования крыш общественных зданий для общественных нужд, озеленения и благоустройства. Использование «пятого фасада», как будет определено в дальнейшем, демонстрирует удачный опыт расширения досуга посетителей и покупателей, что в значительной степени влияло на формирование имиджа универмагов и повышение прибыли. Висячие сады на крышах общественных зданий внесли дальнейшее развитие в типологию архитектуры. Технологии строительства висячих садов, разработанные Ральфом Хенкоком, продемонстрировали успешное выращивание растений на насыпном слое почвы толщиной около 60 см, что позволило высаживать не только кустарники, но и деревья, окончательно развеяв миф о неполноценности садов на крышах зданий. Инженерное обустройство висячих садов – система полива, питания и аэрации, соответствовала общему развитию техники того времени и была достаточной для поддержания садов. Отличное состояние Кенсингтонских висячих садов, где березы, ивы, клены поднимаются на тридцать футов выше крыши и цветут и плодоносят яблони [8], использование их по назначению в течение вот уже 100 лет, говорит о возможности и реальности создания садов на крышах общественных зданий, расширении зеленых зон общественного использования.

Список литературы

1. Roof gardens: history, design, and construction, Theodore Osmundson, W.W. Norton & Company, 1999.

2. Historic England [Электронный ресурс]. – Режим доступа: The Roof Garden, 99 High St, Kensington – 1001406. (дата обращения: 23.01.2018).

3. FamilY life, Flower Shows and World War Two [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ralphhancock.com/family,thechelseaflowershowandw (дата обращения: 13.01.2018).

4. Mini Golf history [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.crazygolfmuseum.info/miniature_golf_history.html (дата обращения: 18.01.2018).

5. S. Durst, Rockefeller Center. New York 1930 / Columbia University Librares. 88 p.

6. The Rolf Gardens at Derry &Toms [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.ralphhancock.com/theroofgardensatderry&toms (дата обращения: 13.01.2018).

7. Kensington Roof Gardens [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.gardener.ru/gap/garden_guide/page175.php?cat=11 (дата обращения: 13.11.2018).

8. Peel D.W. A Garden in the Sky The Story of Barkers of Kensington // Introduction by Hector Bolitho-London. – 1960. – P. 130.

УДК 519.6

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ФОРМИРОВАНИЯ РАСПИСАНИЯ ЭКЗАМЕНОВ ВУЗА

Клеванский Н.Н., Мавзовин В.С.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова», Саратов, e-mail: nklevansky@yandex.ru

Формирование расписания экзаменов вуза может быть сформулировано как задача комбинаторной оптимизации. Задача формирования расписания экзаменов является оптимизационной задачей, которая состоит в распределении множества экзаменов во множестве временных промежутков при соблюдении множества ограничений. Задача является NP-полной и обычно решается с применением эвристических методов. В статье представлены базовые концепции решения задачи формирования экзаменов вуза. Эти концепции реализуют ресурсо-ориентированный подход. Процедура планирования экзаменов использует две последовательно применяемые схемы генерации расписаний. В каждой схеме используются два правила приоритетов – процедур получения решений с использованием многокритериального и многовекторного ранжирования теории принятия решений. Первая схема обеспечивает получение начальных расписаний. Вторая схема оптимизирует начальные решения. Когнитивность кругового представления расписания экзаменов способствовала разработке нового подхода к оптимизации. Основным критерием для оптимизационных процедур предложен критерий равномерности потребления ресурсов. В качестве такого критерия использовано среднеквадратичное отклонение интервалов между экзаменами от средних значений. Приведенные экспериментальные данные демонстрируют способность предлагаемого подхода к получению расписаний достаточно высокого качества.

Ключевые слова: расписание, заявка, экзамен, схема генерации расписания, правило приоритетов, среднеквадратичное отклонение, методы ранжирования

HIGH SCHOOL EXAM TIMETABLING PROBLEM

Klevanskiy N.N., Mavzovin V.S.

Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov, Saratov, e-mail: nklevansky@yandex.ru

High school exam timetabling (HSETT) can be formulated as a combinatorial optimization problem. Examination timetabling problem is an optimization problem which consists in assigning a set of exams to a set of contiguous time slot, satisfying a set of constraints. The problem falls in the category of the NP-complete problems and is usually tackled using heuristic methods. In the paper basic concepts for HSETT are presented. These concepts are realized resource-based approach. The HSETT procedure can be solved efficiently by two schedule generation schemes. Each scheme includes two heuristic solution-finding procedures based on priority rules. The priority rules use multi-criteria, multi-vector and hyper-vector ranking of decision support theory. First scheme produce initial timetables. The second scheme optimizes the initial solutions. Circular timetable visualizations are provoked a new approach to exam timetable optimization. The basic criterion for optimization operations is demanded as criterion of resource equability. The latter is equal a root-mean-square deviation from a middle value of exam intervals. The experimental results demonstrate that the proposed approach is able to produce good quality timetable.

Keywords: timetable, demand, examination, schedule generation scheme, priority rule, root-mean-square deviation, ranking methods

Задача формирования расписания экзаменов является задачей комбинаторной оптимизации, а по своей сложности относится к классу NP-полных задач. Последнее требует для своего решения применения таких эвристических методов, как раскраска графа [1, 2], поиск с запретами [3–5], алгоритмы муравьиных колоний [6], метод «великого» потопа [7], эволюционные алгоритмы [8] и другие [9, 10]. Наиболее близким к предлагаемому в статье способу решения задачи представляется многокритериальный подход [11].

Для решения задачи предлагаются две последовательно применяемые ресурсо-ориентированные эвристики, основанные на оценках загруженности и равномерности. Каждая эвристика является схемой формирования расписаний с правилами приоритетов [12]. Приоритетами являются многокритериальные критерии загруженности и равномерности для определения очередности конкурирующих по ресурсам заявок или экзаменов расписания. В основе правил приоритетов находятся методы ранжирования теории принятия решений.

Целью данной статьи является представление эвристик в программном решении задачи формирования расписания экзаменов российского вуза.

Аналогично задаче расписания занятий [13] расписание экзаменов связано с распределением трех ресурсов – студенческого контингента, преподавателей и аудиторий**.** Исходными данными являются формируемые для всех экзаменов сессии заявки с указанием группы, преподавателя и требуемой или желаемой аудитории. Для решения задачи использованы конструктивная эвристика формирования начального расписания SGS_1 и оптимизационная эвристика SGS_2.

Введем необходимые в математическом моделировании обозначения.

Исходные данные задачи:

$G=\left\{ g_i,\quad i=\overline{1,I}\right\}$, $L=\left\{ l_i,\quad i=\overline{1,J}\right\}$, $A=\left\{ a_i,\quad i=\overline{1,K}\right\}$ – множества академических групп, преподавателей и аудиторий;

$D=\left\{ d_i\left(g,l,a\right)_i,\quad i=\overline{1,M}\right\}$ – множество заявок на прием экзаменов;

$T=\left\{ t_i,\quad i=\overline{1,n_t}\right\}$ – множество таймслотов – временных интервалов приема экзаменов, однозначно определяющих номер смены – *tn*, день недели – *td* и ее номер – *ts*.

«Классическая» организация экзаменационной сессии предполагает ее трехнедельную продолжительность с двумя сменами в день, включая воскресенье. В этом случае $tn=\{1,2\}$, $td=\{1,2,3,4,5,6,7\}$, $ts=\{1,2,3\}$, а $n_t=42$.

Исходные расчетные данные задачи:

$ng_i,\quad i=\overline{1,I}$, $np_i,\quad i=\overline{1,J}$, $na_i,\quad i=\overline{1,K}$ – количества заявок *i*-й группы, *i*-го преподавателя и *i*-й аудитории;

Переменные задачи:

$E=\left\{ e_i\left(g,l,a,tn,td,ts\right),\quad i=\overline{1,M}\right\}$ – множество экзаменов расписания;

ni, nr – количества включенных и не включенных в начальное расписание экзаменов;

$ng_i^{sh}, i=\overline{1,I}$, $np_i^{sh}, i=\overline{1,J}$, $na_i^{sh}, i=\overline{1,K}$ – количества включенных в начальное расписание экзаменов *i*-й группы, *i*-го преподавателя или *i*-й аудитории;

Таблица 1

Оценки загруженности заявок на прием экзаменов

i-й группы	*i*-го преподавателя	*i*-й аудитории
$c1_i=\dfrac{ng_i-ng_i^{sh}}{n_t-ng_i^{sh}}$ (1)	$c2_i=\dfrac{np_i-np_i^{sh}}{n_t-np_i^{sh}}$ (2)	$c3_i=\dfrac{na_i-na_i^{sh}}{n_t-na_i^{sh}}$ (3)

w_i – количество экзаменов в таймслоте t_i интервала расписания сессии;

$n_i^k=tn_i^k+2\left(td_i^k-1\right)+14\left(ts_i^k-1\right), i=\overline{1,ng_i}, k=\overline{1,I}$ – номер таймслота проведения *i*-го экзамена *k*-й группы при «классической» организации экзаменационной сессии;

$\Delta_i^k=n_{i+1}^k-n_i^k-1$ – интервал в таймслотах между *i*-м и (*i* + 1)-м экзаменами *k*-й группы. Для последнего экзамена группы (*i* + 1)-м экзаменом принимается первый экзамен с увеличением его номера на величину n_t.

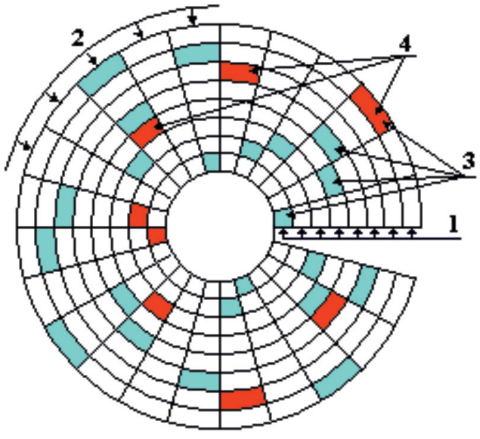


Рис. 1. Круговое представление экзаменационной сессии: 1 – кольцевые расписания экзаменов групп; 2 – таймслоты расписания; 3 – экзамены групп; 4 – первые включенные в расписание экзамены групп

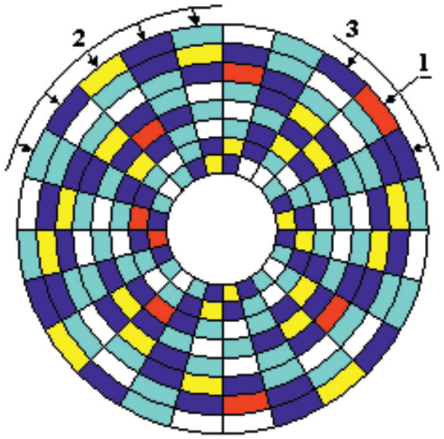


Рис. 2. Диапазоны допустимых таймслотов: 1 – первый включенный в расписание экзамен группы; 2 – допустимые таймслоты для начального расписания; 3 – допустимые таймслоты для оптимизации расписания

Для экзаменационной сессии использовано круговое представление (рис. 1), когнитивность [14] которого позволила ввести две оценки равномерности расписания экзаменов.

Кольцевая оценка равномерности определяет распределение экзаменов группы в своем кольце представления. Радиальная оценка равномерности определяет распределение экзаменов в таймслотах представления. Выражения для определения кольцевых и радиальных оценок равномерности представлены в табл. 2.

Таблица 2

Оценки равномерности экзаменов

k-й группы	*i*-го таймслота
$k1_i^k = \left(\frac{ng_k\left(\Delta_i^k - \Delta_{i-1}^k\right)}{2\left(n_t - ng_k\right)} \right)^2, i = \overline{1, ng_k}, k = \overline{1, I}$ (4)	$k2_i = \left(1 - \frac{w_i n_t}{M}\right)^2, i = \overline{1, n_t}$ (5)

Критерий равномерности *i*-го экзамена расписания *k*-й группы

$$KT_i^k\left(g, p, r, l, a, tn, td, ts\right) = \left\{k1_i^k, k2_{tn_i^k + 2\left(td_i^k - 1\right) + 14\left(ts_i^k - 1\right)}\right\}. \quad (6)$$

Критерии равномерности расписания экзаменов определяются двумя среднеквадратичными отклонениями (табл. 3).

Таблица 3

Критерии равномерности

расписания группы	расписания
$KG_k = \sqrt{\frac{1}{ng_k}\sum_{i=1}^{ng_k} k1}, \quad k = \overline{1, I}$ (7)	$KS = \sqrt{\frac{1}{n_t}\sum_{i=1}^{n_t} k2_i}$ (8)

Введем булевы обозначения занятости группы q_g, преподавателя q_l и аудитории q_a.

$$q_g\left(g,t\right) = \begin{cases} 1, \text{если у группы } g \text{ есть} \\ \text{экзамен в таймслоте } t; \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases} \quad q_l\left(l,t\right) = \begin{cases} 1, \text{если у преподавателя } l \\ \text{есть экзамен в таймслоте } t; \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

$$q_a\left(a,t\right) = \begin{cases} 1, \text{если в аудитории } a \\ \text{есть экзамен в таймслоте } t; \\ 0 - \text{в противном случае} \end{cases}$$

Эвристика SGS_1 (формирование начального расписания экзаменов) состоит в цикличном выборе наиболее загруженной заявки и ее включении в расписание так, чтобы минимизировать критерий равномерности группы включаемого экзамена

$$\min\left\{KG_{ni+1}\right\} \quad (9)$$

при обязательных ограничениях

$$\sum_{g=1}^{I}\sum_{t=1}^{n_t} q_g\left(g,t\right) = N, \quad (10)$$

$$\forall t, \forall g \quad \sum q_g\left(g,t\right) \le 1, \ \forall t, \forall l \quad \sum q_l\left(l,t\right) \le 1, \ \forall t, \forall a \quad \sum q_a\left(a,t\right) \le 1, \quad (11)$$

$$\forall g \ \Delta_i^k \ge 3. \quad (12)$$

Целевая функция (9) обеспечивает наибольшую возможную равномерность экзаменов группы последней заявки. Ограничение (10) гарантирует включение всех заявок в начальное расписание. Неравенства ограничений (11) исключают возможность одновременного участия любой группы, преподавателя или аудитории более чем в одном экзамене расписания. Ограничение (12) обеспечивает необходимый интервал между ближайшими экзаменами любой группы в начальном расписании при «классической» организации экзаменационной сессии.

Каждый цикл эвристики SGS_1 начинается перерасчетом оценок загруженности ресурсов (1–3), формирующих множество критериев загруженности заявок, не включенных в начальное расписание экзаменов.

$$\left\{\left(c1_i, c2_i, c3_i\right), \quad i=\overline{1,nr}\right\}. \qquad (13)$$

Обратное многокритериальное ранжирование [15] векторов (13) определяет самую загруженную заявку, которая становится очередным кандидатом d_{ni+1} на включение в начальное расписание. Далее в эвристике SGS_1 реализуются следующие действия. Если включаемый в начальное расписание экзамен является первым для группы, то он включается в первый таймслот с минимальным количеством экзаменов и для группы фиксируется множество таймслотов сессии (рис. 2) для размещения остальных экзаменов группы. Выделение этого множества осуществляется на основе ограничения (12). Если экзамен не первый, то из множества выделенных таймслотов выбирается первый с наименьшим значением оценки k_i.

Если $nr > 0$, то переход к следующему циклу конструктивной эвристики. На рис. 3 представлено начальное расписание экзаменов для 50 групп, студенты которых сдают по 5 экзаменов. Программное решение реализовано для «классической» организации экзаменационной сессии. По периметру кругового представления (рис. 3) указаны количества программно определенных экзаменов в каждом таймслоте начального расписания. Критерий равномерности полученного расписания составляет $KS = 26{,}93\,\%$.

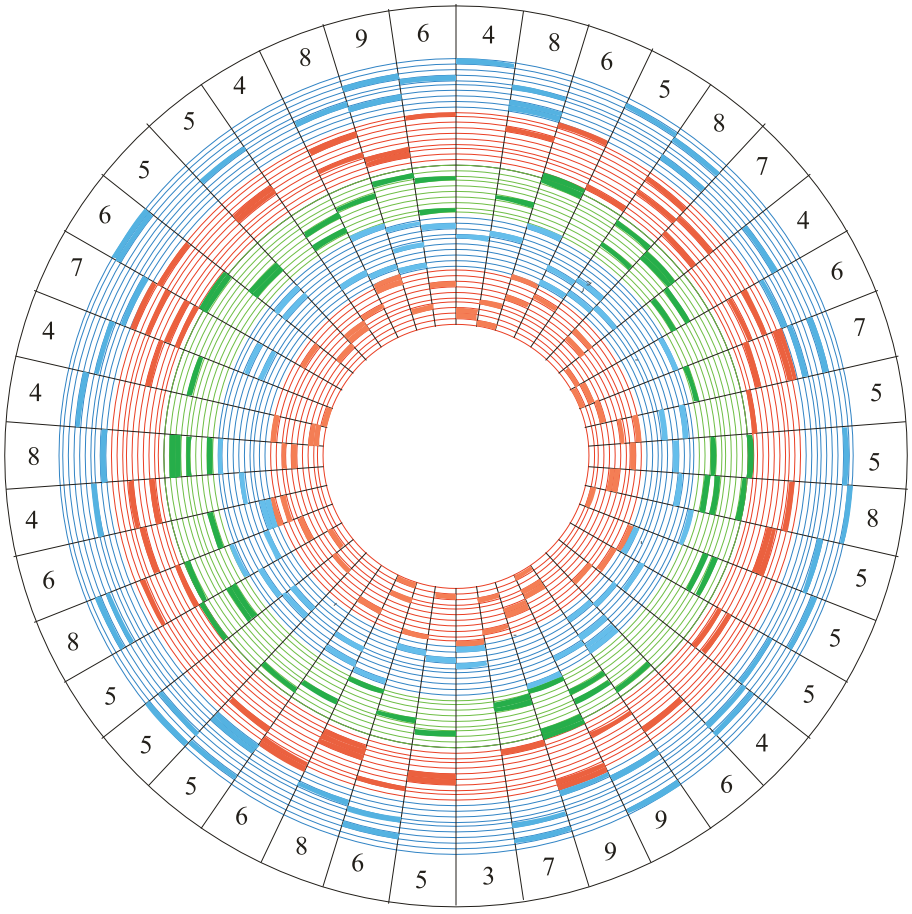


Рис. 3. Начальное расписание экзаменов

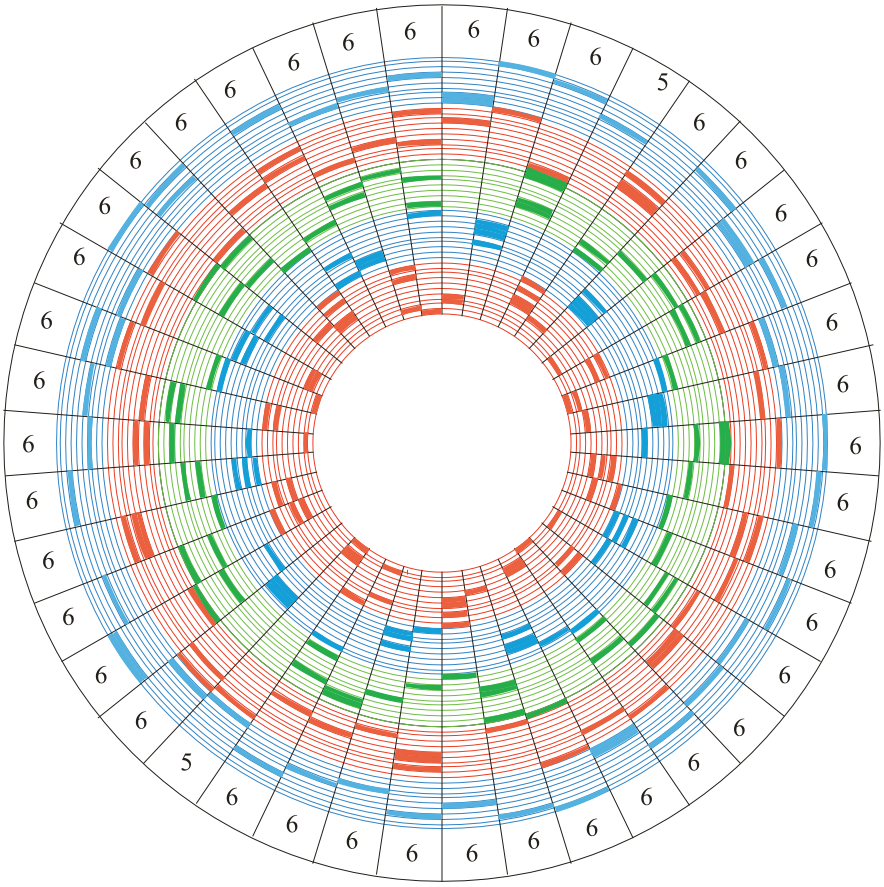


Рис. 4. Оптимальное расписание экзаменов

Эвристика SGS_2 (оптимизация расписания экзаменов) состоит в цикличном выборе наиболее неравномерного экзамена и изменении расписания $S=\left\{ e_i,\quad i=\overline{1,M} \right\}$ для минимизации критерия равномерности расписания (8) при обязательных ограничениях (10, 11) и уточнении ограничения (12).

$$\forall g\ \Delta_i^k \geq 5\,. \qquad (14)$$

Каждый цикл оптимизации начинается переопределением оценок равномерности (4, 5) и формированием множеств первых и вторых оценок равномерности экзаменов расписания.

$$\left\{ k1_i^k, i=\overline{1,ng_k}, k=\overline{1,I} \right\}, \qquad (15)$$

$$\left\{ k2_{tn_i^k+2\left(td_i^k-1\right)+14\left(ts_i^k-1\right)}, i=\overline{1,ng_k}, k=\overline{1,I} \right\}. \qquad (16)$$

Многовекторным ранжированием [15] определяется самый неравномерный экзамен расписания следующим образом. Ранги, получаемые многокритериальным ранжированием векторов (15, 16), формируют множество векторов рангов:

$$\left\{ \left(rank1_i^k,\ rank2_i^k \right),\quad i=\overline{1,ng_k},\quad k=\overline{1,I} \right\}. \qquad (17)$$

Многокритериальное ранжирование векторов (17) определяет самый неравномерный экзамен, становящийся очередным кандидатом на перестановку в расписании. Далее, как и в эвристике SGS_1 определяется таймслот для перестановки. Работа эвристики SGS_2 завершается при невозможности дальнейшего улучшения расписания экзаменационной сессии. На рис. 4 представлен один из вариантов оптимального расписания экзаменов. Критерий равномерности расписания составляет $KS = 3{,}58\,\%$, что существенно меньше аналогичного критерия начального расписания. Следует также отметить уменьшение количества аудиторий, требуемых для приема экзаменов.

Заключение

Авторы считают что:

– разработан подход к формированию расписания экзаменов вуза с использова-

нием двух последовательно применяемых эвристик;

– приведенная модель для «классической» организации экзаменационной сессии может быть трансформирована для других типов организации сессии.

Список литературы

1. Qu R., Burke E.K., McCollum B. Adaptive automated construction of hybrid heuristics for exam timetabling and graph coloring problems // European Journal of Operational Research. – 2009. – № 198. – P. 392–404.

2. Malkawi M., Hassan M.A. Hassan O.A. A New Exam Scheduling Algorithm Using Graph Coloring // The International Arab Journal of Information Technology. – 2008. – P. 80–87.

3. Burke E.K., Bykov Y., Newall J.P., Petrovic S. A time predefined local search approach to exam timetabling problems // IIE Transactions. – 2004. – № 36(6). – P. 509–528.

4. Abdullah S., Ahmadi S., Burke E.K., Dror M., McCollum B. A tabu based large neighborhood search methodology for the capacitated examination timetabling problem // Operations Research. – 2007. – № 58. – P. 1494–1502.

5. Caramia, M., Dell'Olmo, P., Italiano, G.F., Novel local-search-based approaches to university examination timetabling // INFORMS Journal of Computing. – 2008. – № 20(1). – P. 86–99.

6. Eley M. Ant algorithms for the exam timetabling problem. In E.K. Burke & H. Rudova (Eds.), LNCS: Vol. 3867. Practice and theory of automated timetabling (Patat 2006), 2007. – P. 364–382. Berlin: Springer.

7. Kahar M.M., Kendall G. A great deluge algorithm for a real-world examination timetabling problem // Journal of the Operational Research Society. – 2013. – Vol.67, № 3. – P. 116–133.

8. Pillay N., Banzhaf W. An informed genetic algorithm for the examination timetabling problem // Applied Soft Computing. – 2010. – № 10. – P. 457–467.

9. Thompson J.M., Dowsland K.A. A robust simulated annealing based examination timetabling system // Computer Operational Research. – 1998. – vol. 25. – P. 637–648.

10. Burke E.K., Eckersley A.J., McCollum B., Petrovic S., Qu R. Hybrid variable neighborhood approaches to university exam timetabling // European Journal of Operational Research. – 2010. – № 206(1). – P. 46–53.

11. Ho W., Dey P.R., Higson H.T. Multiple criteria decision-making techniques in higher education // International journal of educational management. – 2006. – No. 20(5). – P. 319–337.

12. Клеванский Н.Н. Парадигма формирования расписаний // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2017. – № 6. – С. 70–75.

13. Клеванский Н.Н. Алгоритмы формирования расписания занятий высших учебных заведений // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 10–3. – С. 454–458.

14. Klevanskiy N.N., Antipov M.A., Krasnikov A.A. Cognitive aspects of timetable visualization: support decision making. В сборнике: Сер. «12th International Symposium Intelligent Systems, INTELS'2016». – 2017. – № 103. – P. 94–99.

15. Клеванский Н.Н., Антипов М.А., Красников А.А. Многокритериальная обработка в задачах расписаний // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2016. – № 2. – С. 62–67.

УДК 004.032.26:004.8

РАЗРАБОТКА СВЕРТОЧНОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ РУКОПИСНЫХ СИМВОЛОВ

Маркин Е.И., Подопригора И.А., Бершадская Е.Г.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет», Пенза, e-mail: evgeniymarkin1@gmail.com

В данной статье рассказывается о применении сверточной нейронной сети при решении задачи распознавания изображений. Приводится пример реализации модели сверточной нейронной сети, на технологии TensorFlow, для обучения на наборе данных MNIST с целью распознавания рукописных цифр. MNIST набор данных является свободно распространяемым и содержит в себе 60 000 учебных примеров и 10 000 тестовых примеров рукописных цифр от 0 до 9, которые представлены в виде монохромных изображений размером 28x28 пикселей. Предложенная модель после обучения имеет точность равную 97,3 %, что говорит о высокой эффективности данной модели в поставленной задаче. Такая точно была достигнута за счет использования двух уровней сверточных слоев, с использованием функции активации ReLU, и двух слоев объединения. Данная сверточная нейронная сеть является очень простой в реализации, за счет использования высокоуровневого API библиотеки TensorFlow. TensorFlow содержит в себе методы tf.layers, conv2d() и dense(), которые позволяют реализовывать сверточные слои для нейронных сетей, проводить их объединение по заданным методам и создавать плотные (логические) слои. Полученная модель может успешно использоваться для решения задач классификации изображений и распознавания образов.

Ключевые слова: сверточные нейронные сети, машинное обучение, TensorFlow, MNIST, распознавание образов, компьютерное зрение

DEVELOPMENT OF A CONVENTIONAL NEURAL NETWORK FOR RECOGNITION OF MANUSCRIPT SYMBOLS

Markin E.I., Podoprigora I.A., Bershadskaya E.G.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Penza State Technological University, Penza, e-mail: evgeniymarkin1@gmail.com

This article describes the use of a convolutional neural network in solving the problem of image recognition. An example of the implementation of the convolutional neural network model, on TensorFlow technology, for learning on the MNIST data set for the purpose of recognition of handwritten figures is given. MNIST data set is freely distributed and contains 60 000 training examples and 10 000 test examples of handwritten figures from 0 to 9, which are presented in the form of monochrome images with a size of 28x28 pixels. The proposed model after training has an accuracy of 97.3 %, which indicates the high efficiency of this model, in the task. This was accurately achieved by using two levels of convolutional layers, using the ReLU activation function, and two layers of union. This convolutional neural network is very simple to implement, due to the use of the high-level API of the TensorFlow library. TensorFlow contains the methods tf.layers, conv2d() and dense (), which allow you to implement convolutional layers for neural networks, combine them with specified methods, and create dense (logical) layers. The resulting model can be successfully used to solve problems of image classification and pattern recognition.

Keywords: convolutional neural networks, machine learning, TensorFlow, MNIST, pattern recognition, computer vision

Человеческий мозг получает большое количество информации при помощи различных образов, для нас нет никакой сложности в том, чтобы узнавать людей по лицам, описывать различных животных и явления. Данная задача может казаться очень легкой для человеческого мозга, но является очень сложной в реализации при помощи компьютера.

За последние несколько лет машинное обучение добилось огромного прогресса в решении данной весьма сложной проблемы. В частности, было обнаружено, что нейронная модель, называемая глубокой сверточной нейронной сетью (*CNN*), может достичь разумной производительности по задачам жесткого визуального распознавания изображения и их классификации [1].

Сверточные нейронные сети (CNN) представляют собой современную модельную архитектуру для задач классификации изображений. CNN применяют серию фильтров к необработанным пиксельным данным изображения для извлечения и изучения функций более высокого уровня, модель которой затем может использоваться для классификации. CNN содержит три компонента [2]:

- Сверточные слои, которые применяют к изображению определенное количество фильтров свертки. Для каждой подобласти слой выполняет набор математических операций для создания единственного значения на карте характеристик вывода. Затем сверточные слои обычно применяют функцию активации к выходу для введения нелинейности в модель.

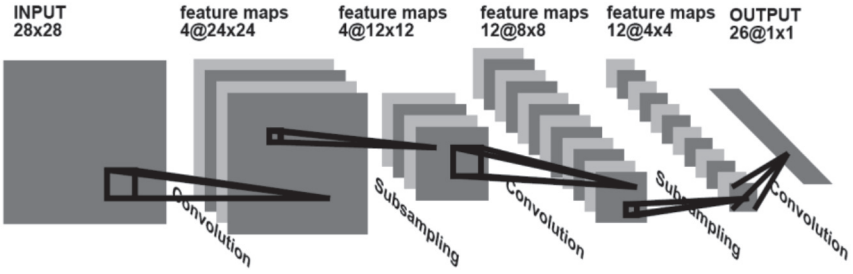


Рис. 1. Схема сверточной нейронной сети

● Объединение слоев, которые уменьшают данные изображения, извлеченные сверточными слоями, для уменьшения размерности карты признаков, чтобы уменьшить время обработки. Обычно используемым алгоритмом объединения является максимальное объединение, которое извлекает субрегионы карты функций (например, 2x2-пиксельные плитки), сохраняет их максимальное значение и отбрасывает все другие значения.

● Плотные (полностью связанные) слои, которые выполняют классификацию на свойствах, извлеченных сверточными слоями и уменьшающихся по слоям объединения. В плотном слое каждый узел в слое связан с каждым узлом предыдущего слоя.

Как правило, CNN состоит из стека сверточных модулей, которые выполняют извлечение признаков. Каждый модуль состоит из сверточного слоя, за которым следует слой объединения. За последним сверточным модулем следует один или несколько плотных слоев, которые выполняют классификацию (рис. 1). Последний плотный слой в CNN содержит единственный узел для каждого целевого класса в модели с функцией активации для создания значения между 0–1 для каждого узла. Можно интерпретировать значения функции активации для данного изображения как относительные измерения того, насколько вероятно, что изображение попадает в каждый целевой класс.

TensorFlow, библиотека машинного обучения, разработанная компанией Google, предоставляет модуль *layers*, обеспечивающий высокий уровень API, который позволяет легко построить нейронную сеть. Он предоставляет методы, облегчающие создание плотных слоев и сверточных слоев, добавление функций активации и т.д. [3].

Для построения модели классификации изображений в наборе данных MNIST [4], набор данных содержащий 60 000 учебных примеров и 10 000 тестовых примеров рукописных цифр 0–9, представленные как монохромные изображения 28x28 пикселей, с использованием технологии TensorFlow, воспроизведем следующую архитектуру CNN [5]:

● Сверточный слой № 1: применяет 32 фильтра 5x5 (извлекает 5x5-пиксельные субрегионы), с функцией активации ReLU.

● Объединение слоев № 1: выполняет максимальное объединение с фильтром 2x2 и шагом 2.

● Сверточный слой № 2: применяет 64 фильтра 5x5, с функцией активации ReLU.

● Объединение слоев № 2: опять же выполняется максимальное объединение с фильтром 2x2 и шагом 2.

● Плотный слой № 1: 1024 нейронов, с коэффициентом регуляризации отсева 0,4.

● Плотный слой № 2 (Логический слой): 10 нейронов, по одному для каждого целевого класса цифр.

Для реализации данных слоев TensorFlow предоставляет следующие модули:

tf.layers – модуль содержит методы для создания каждого из трех типов слоев выше:

conv2d() – создает двумерный сверточный слой. Принимает количество фильтров, размер ядра фильтра, дополнение и функцию активации в качестве аргументов.

max_pooling2d() – создает двумерный пул, используя алгоритм максимального объединения. Принимает размер фильтра фильтрации и шагает в качестве аргументов.

dense() – создает плотный слой. Принимает количество нейронов и функцию активации в качестве аргументов.

Каждый из этих методов принимает тензор в качестве входных данных и возвращает преобразованный тензор в качестве выхода. Это упрощает подключение одного слоя к другому.

Методы в *layers* модуле для создания сверточных и объединенных слоев данных двумерного изображения предполагают, что входные тензоры имеют форму, определяемую следующим образом: *[batch_size, image_width, image_height, channels*], где

– *batch_size*, размер подмножества примеров для использования при выполнении градиентного спуска во время обучения;

– *image_width*, ширина примерных изображений;

– *image_height*, высота примерных изображений;

– *channels*, количество цветных каналов в примерах изображений. Для цветных изображений количество каналов равно 3 (красный, зеленый, синий). Для монохромных изображений имеется всего 1 канал (черный).

Набор данных MNIST состоит из монохромных изображений размером 28x28 пикселей, поэтому желаемая форма для входного слоя: *[batch_size, 28, 28, 1]*.

Чтобы преобразовать карту функций ввода в эту форму, достаточно выполнить следующую *reshape* операцию:

input_layer = tf.reshape(features["x"], [–1, 28, 28, 1]).

В качестве размера пакета указывается –1, это указывает, что измерение должно динамически вычисляться на основе количества входных значений *features["x"]*. Это позволяет рассматривать *batch_size* как параметр, который можно настроить.

В первом сверточном слое нужно применить 32 фильтра 5x5 к входному слою с функцией активации ReLU. Можно использовать *conv2d()* метод в *layers* модуле для создания этого слоя:

conv1 = tf.layers.conv2d(inputs = input_layer, filters = 32, kernel_size = [5, 5], padding = «same», activation = tf.nn.relu)

Аргумент *filters* определяет тензор входного сигнала, который должен иметь форму *[batch_size, image_width, image_height, channels]*. Здесь объединяется первый сверточный слой с *input_layer*, который имеет вид *[batch_size, 28, 28, 1]*.

Аргумент *filters* задает количество применяемых фильтров, и *kernel_size* определяет размеры фильтров *[width, height]*.

Аргумент *padding* задает один из двух перечисленных значений *valid* или *same*. Чтобы указать, что выходной тензор должен иметь те же самые значения ширины и высоты, что и входной тензор, указывается *padding = same*, который сообщает TensorFlow добавлять 0 значений к краям входного тензора для сохранения ширины и высоты 28.

Аргумент activation определяет функцию активации, чтобы применить к выходу свертки. Здесь указывается активация ReLU с *tf.nn.relu*.

Полученный тензор *conv2d()* имеет вид *[batch_size, 28, 28, 32]*, те же размеры по ширине и высоте, что и входной, но теперь с 32 каналами, содержащий выходной сигнал от каждого из фильтров.

Далее соединяются первый слой объединения со сверточным слоем, который только что был создан. Для этого можно использовать *max_pooling2d()* метод *layers* для построения слоя, который выполняет максимальное объединение с фильтром 2x2 и шагом 2:

pool1 = tf.layers.max_pooling2d(inputs = = conv1, pool_size = [2, 2], strides = 2).

Опять же в качестве аргумента inputs задается входной тензор с формой *[batch_size, image_width, image_height, channels]*. Здесь входной тензор – это выход из первого сверточного слоя, который имеет форму *conv1[batch_size, 28, 28, 32]*.

Аргумент *pool_size* задает размер максимального объединяющего фильтра *[width, height]*. Если оба измерения имеют одинаковое значение, можно указать одно целое число.

Аргумент *strides* задает размер шага. Здесь устанавливается шаг 2, что указывает на то, что субрегионы, выделенные фильтром, должны быть разделены на 2 пикселя как по ширине, так и по высоте. Если необходимо установить разные значения шага для ширины и высоты, тогда нужно вместо этого указать кортеж или список (например, *stride = [3, 6]*).

Выходной тензор, создаваемый *max_pooling2d()*, имеет вид: *[batch_size, 14, 14, 32]* фильтр 2x2 уменьшает ширину и высоту на 50%.

Можно подключить второй сверточный и объединяющий слои к CNN, используя *conv2d()* и *max_pooling2d()* как ранее. Для сверточного слоя № 2 настраивается 64 фильтра 5x5 с активацией ReLU, а для слоя объединения 2 используются те же параметры, что и для уровня объединения № 1.

Сверточный слой № 2 будет принимать выходной тензор первого объединенного слоя в качестве входного сигнала и выдает тензор в *conv2* качестве выхода. *conv2* имеет вид *[batch_size, 14, 14, 64]* и ту же ширину и высоту, что и *pool1*, и 64 канала для применяемых 64 фильтров.

Слой объединения № 2 берет conv2 в качестве входных данных, создавая *pool2* как выход. *pool2* имеет форму *[batch_size, 7, 7, 64]*.

После нужно добавить плотный слой в CNN для выполнения классификации по свойствам, выделенным слоями свертки/объединения. Однако, перед тем как подключить слой, сначала нужно привести карту свойств к виду *[batch_size, features]*, чтобы тензор имел только два измерения:

*pool2_flat = tf.reshape(pool2, [–1, 7 * 7 * 64]).*

В *reshape()* функции «–1» означает, что размеры *batch_size* будут динамически вычисляться на основе количества примеров входных данных. Каждый пример имеет 7 (ширина *pool2*) * 7 (высота *pool2*) * 64 (каналы *pool2*), поэтому, чтобы *features* размер имел значение 7 * 7 * 64 (всего 3136). Выходной тензор *pool2_flat*, будет иметь форму [*batch_size, 3136]*.

Теперь можно использовать метод *dense()* для соединения плотного слоя:

dense = tf.layers.dense(inputs = pool2_flat, units = 1024, activation = tf.nn.relu).

Аргумент *inputs* определяет тензор входа: сглаженную карту функции, *pool2_flat*. Аргумент *units* указывает количество нейронов в плотном слое. Аргумент *activation* принимает функцию активации; можно снова использовать *tf.nn.relu* для добавления активации ReLU.

Чтобы улучшить результаты модели, можно также воспользоваться нормализацией выпадения плотного слоя, используя *dropout* метод в *layers*:

dropout = tf.layers.dropout(inputs = = dense, rate = 0.4, training = mode = = tf.estimator.ModeKeys.TRAIN).

Опять же *inputs* определяет входной тензор, являющийся выходным тензором из плотного слоя.

Аргумент *rate* определяет отсев; здесь используется 0,4, что означает, что 40 % элементов будут случайно выпадать во время обучения.

Аргумент *training* принимает логическое значение, определяющее, работает ли модель в настоящее время в режиме обучения; выпадение будет выполняться только, если *training* равен *True*. Здесь проверяется, является ли переданная функция *mode* модели *cnn_model_fn* в *TRAIN* режиме.

Итоговый тензор *dropout* имеет форму *[batch_size, 1024]*.

Последний слой в данной нейронной сети – это логический уровень, который возвращает исходные значения для прогнозов. Создается плотный слой с 10 нейронами (по одному для каждого целевого класса 0–9) с линейной активацией:

logits = tf.layers.dense(inputs = = dropout, units = 10).

Конечный выходной тензор CNN *logits* имеет форму *[batch_size, 10]*.

Логический уровень модели возвращает прогнозы как необработанные значения в *[batch_size, 10]*-мерном тензоре

Для обучения и оценки необходимо определить функцию потерь, которая измеряет, насколько точно предсказания модели соответствуют целевым классам. Для задач многоклассовой классификации, таких как MNIST, кросс-энтропия обычно используется как метрика потерь:

```
onehot_labels = tf.one_hot(indices = tf.cast(labels, tf.int32), depth = 10)
loss = tf.losses.softmax_cross_entropy(onehot_labels = onehot_labels, logits = logits)
```

Затем создается оценщик *Estimator* для модели:

```
mnist_classifier = tf.estimator.Estimator(
   model_fn = cnn_model_fn, model_dir = "/tmp/mnist_convnet_model")
```

Аргумент *model_fn* определяет функцию модели, использующую для обучения, оценки и прогнозирования; передается модель *cnn_model_fn*, которая была создана ранее. Аргумент *model_dir* указывает каталог, в котором будет сохранена модель данных.

Обучить модель можно путем создания *train_input_fn* вызова *train()* на *mnist_classifier*:

```
train_input_fn = tf.estimator.inputs.numpy_input_fn(x = {"x": train_data}, y = train_labels, batch_size = 100, num_epochs = None, shuffle = True)
mnist_classifier.train(input_fn = train_input_fn, steps = 20000, hooks = [logging_hook])
```

В *numpy_input_fn* вызове передаются данные и метки функций обучения *x* и *y* соответственно. *batch_size* указывается 100, что означает, что модель будет обучаться на *minibatches* из 100 примеров на каждом шаге. *num_epochs = None* означает, что модель будет тренироваться до тех пор, пока не будет достигнуто указанное количество шагов. В *train* вызове устанавливается *steps = 20000*, что означает, что модель будет тренироваться на 20 000 шагов.

По завершении обучения можно оценить модель, чтобы определить ее точность в тестовом наборе MNIST. Для этого вызывается *evaluate* метод, который оценивает показатели, указанные в *eval_metric_ops* аргументе в аргументе *model_fn*:

```
eval_input_fn = tf.estimator.inputs.numpy_input_fn(x = {"x":  eval_data},  y = eval_labels, num_epochs = 1, shuffle = False)
eval_results = mnist_classifier.evaluate(input_fn = eval_input_fn)
print(eval_results)
```

```
INFO:tensorflow:loss = 2.36026, step = 1
INFO:tensorflow:probabilities = [[ 0.07722801  0.08618255  0.09256398, ...]]
...
INFO:tensorflow:loss = 2.13119, step = 101
INFO:tensorflow:global_step/sec: 5.44132
...
INFO:tensorflow:Loss for final step: 0.553216.

INFO:tensorflow:Restored model from /tmp/mnist_convnet_model
INFO:tensorflow:Eval steps [0,inf) for training step 20000.
INFO:tensorflow:Input iterator is exhausted.
INFO:tensorflow:Saving evaluation summary for step 20000: accuracy = 0.9733, loss = 0.0902271
{'loss': 0.090227105, 'global_step': 20000, 'accuracy': 0.97329998}
```

Рис. 2. Вывод содержания журнала обучения

Для создания *eval_input_fn* устанавливается *num_epochs = 1* так, чтобы модель оценивала метрику за одно поколение данных и возвращала результат. Также устанавливается *shuffle = False* последовательно итерацию данных.

Полученную функцию модели CNN *Estimator* и логику обучения/оценки можно проверить в действии.

По мере создания модели будет виден вывод журнала, который выглядит так, как представлено на рис. 2.

Данная модель достигает точности 97,3 % в данном тестовом наборе данных.

Список литературы

1. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект / Л.Н. Ясницкий. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 176 с.

2. Goodfellow I. Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series) / I. Goodfellow, Y. Bengio, A. Courville. – Cambridge: The MIT Press, 2016. – 775 с.

3. McClure N. TensorFlow Machine Learning Cookbook / N. McClure – Birmingham: Packt Publishing, 2017. – 370 с.

4. Образцы рукописных символов MNIST [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://yann.lecun.com/exdb/mnist (дата обращения: 13.02.2018).

5. Hope T. Learning TensorFlow: A Guide to Building Deep Learning Systems / T. Hope, I. Lieder – Sebastopol: O'Reilly Media, 2017. – 242 с.

УДК 728.5

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ АРХИТЕКТУРА ЖИЛОЙ СРЕДЫ ИЛИ ЖИЛАЯ СРЕДА КАК ЧАСТЬ ПРИРОДЫ

Мухнурова И.Г., Гринкруг Н.В.

ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», Комсомольск-на-Амуре, e-mail: das@knastu.ru

Настоящая статья посвящена исследованию экоархитектуры, как явления в практике проектирования и строительства жилья как в урбанизированной, так и в природной среде. В процессе исследований выявлены направления, приемы и методы экологичности и экологизации архитектурной среды. Рассмотрены различные подходы к решению проблемы зелёной архитектуры и примеры, иллюстрирующие изучаемые архитектурные объекты, преимущественно жилого назначения. Рассматривается разнообразие форм и стилей индивидуальных и многоквартирных жилых домов, а также загородных гостиниц. Проанализировано влияние окружающей среды на создание образа и формы зданий. Выявление направлений, приемов и методов экологичности и экологизации архитектурной среды позволяет выбирать и применять в проектной практике реального проектирования и строительства приемы формирования экологичного жилья, как для постоянного, так и для временного проживания. Наблюдения и исследования могут быть полезны в учебной, профессиональной и педагогической практике формирования концепций зеленой архитектуры и проектирования экологичной жилой среды в архитектурном и архитектурно-дизайнерском образовании. Для оценки экологичности средовой ситуации предлагается использовать термин «валентность», который может учитывать при проектировании выбор величины «экоследа».

Ключевые слова: экоархитектура, экологическая архитектура, зеленая архитектура, дизайн, органическая архитектура, жилая среда, жилой дом, загородная гостиница

ENVIRONMENTAL ARCHITECTURE, LIVING ENVIRONMENT OR LIVING ENVIRONMENT, AS PART OF NATURE

Mukhnurova I.G., Grinkrug N.V.

Komsomolsk-on-Amur State University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: das@knastu.ru

This article is devoted to the study of eco architecture, as a phenomenon in the practice of designing and building housing both in urbanized and in the natural environment. During the research, directions, methods and methods of ecological compatibility and ecologization of the architectural environment were revealed. Various approaches to the solution of the problem of green architecture and examples illustrating the studied architectural objects, mainly residential purposes, are considered. We consider the variety of forms and styles of individual and multi-apartment houses, as well as country hotels. The influence of the environment on creating the image and shape of buildings is analyzed. Identification of directions, methods and methods of environmental friendliness and ecologization of the architectural environment allows you to choose and apply in the design practice of real design and construction techniques for the formation of eco-friendly housing, both for permanent and temporary residence. Observations and research can be useful in the educational, professional and pedagogical practice of forming the concepts of green architecture and designing an environmentally friendly living environment in architectural and architectural design education. To assess the environmental situation in the environment, it is suggested to use the term «valency», which can take into account when designing the choice of the «eco trace» value.

Keywords: eco architecture, ecological architecture, green architecture, design, organic architecture, living environment, residential building, country hotel

При любых общественно-экономических формациях люди на инстинктивном уровне стремились жить в окружении естественной природы, вдали от загрязнений. Так, архитекторы средневековых загрязненных городов стремились вернуть жителей в чистую природу и думали о будущих городах со здоровой и красивой средой жизни – «городах-садах», или «идеальных городах», в которых жилища были бы органично вписаны в природную среду [1, 17, 28]. Так в 1602 г. Т. Кампанелла разработал так называемый «город Солнца», а в 1755 г. Морелли предложил концепцию города, основанного на так называемом «Колесе природы». Далее в 1841 г. Р. Оуэн создал проект зеленого города. В последующие периоды истории архитекторы неоднократно стремились противостоять наступающей на город урбанизации городской среды, ее вредному воздействию и загрязнению. И хотя идея «города сада» считалась утопической, к ней постоянно возвращались, так как человеку необходима природная среда в месте его жизни [1, с. 191].

Один из принципов экологичности архитектуры – это гармония и красота. Это не просто эстетическая категория, но и одна из основных ценностей человечества, не оставляющая равнодушными людей на протяжении многих тысячелетий. Понятие красоты не однозначно, но складывается из таких характеристик, как гармоничность форм, изящество, соразмерность, естественность, точность пропорций и воспри-

нимается как синтез формы и содержания, слитый в единый образ. «Прекрасное – это совершенное, гармоничное. В прекрасном с наибольшей полнотой выражено позитивное совершенство, выражена тенденция развития в природе, обществе и духовной жизни. Тайна красоты заключена в гармоничных отношениях, образующих единство в многообразии» – Л.-Б. Альберти [2].

В современной практике проектирования и строительства жилья просматриваются характерные принципы и приемы экологичной архитектуры, как в урбанизированной, так и в природной среде. Эти приемы и принципы можно условно разделить на несколько основных направлений экологизации жилья.

И первое из них – решение проблемы экологии в борьбе за чистый воздух в городе путем интеграции природной среды в урбанизированную жилую – симбиоз природы с архитектурными сооружениями и новыми технологиями, создавая некий «оазис» в городской среде [3, с. 49–51].

Характерным примером такого подхода может служить жилой комплекс «Вертикальный лес» (Bosco Verticale) в центральной части старого города Милана, экологически чистый и одобренный властями города [4, 5]. Разработанный архитекторами Boeri Studio в 2009 г. и законченный в октябре 2014 г., этот довольно новаторский проект представляет собой два многоэтажных здания высотой 110 м и 76 м, превращенных в настоящий парк, на террасах которых было высажено девятьсот деревьев, пять тысяч кустарников и одиннадцать тысяч травяных дорожек, что эквивалентно одному гектару леса (рис. 1, а). Здесь в воссозданной природной среде поют птички, живут насекомые и порхают бабочки, создавая благоприятный микроклимат для счастливых жителей этих необычных квартир. Деревья и кусты выращены специально для проекта и посажены в кадки, которые надежно закреплены тросами на террасах. В летние дни они защищают квартиры от палящего солнца, городской пыли и шума, выделяя чистый кислород. Городские службы Милана взяли под свой контроль уход за растениями и обеспечение безопасности. Италия в целом является одним из наиболее чистых уголков Европы. Следует заметить, что экономическая составляющая в данном случае является скорее элементом престижа и достатка, а потому почти две трети покупателей – иностранцы. Стоимость небольшой квартиры площадью восемьдесят квадратных метров на нижних этажах начинается от пятисот шестидесяти тысяч евро, а за пентхаус в двести метров квадратных с собственным парком и видом на город была назначена цена более полутора миллионов евро. Проект «Вертикальный лес» (Bosco Verticale) получил премию International Highrise Award от Музея архитектуры во Франкфурте и был признан лучшим небоскребом в 2014 г. Смелая идея итальянского архитектора Стефано Боери (Stefano Boeri) была с оптимизмом воспринята и в других густонаселенных городах Европы. И очередная «зеленая башня» появится в швейцарской Лозанне уже в 2017 г. [4, 5].

а) *б)*

Рис. 1. Примеры вертикального озеленения города: а) Жилой комплекс «Вертикальный лес» (Bosco Verticale), г. Милан; б) Отель «Парк Рояль» PARKROYAL on Pickering в Сингапуре

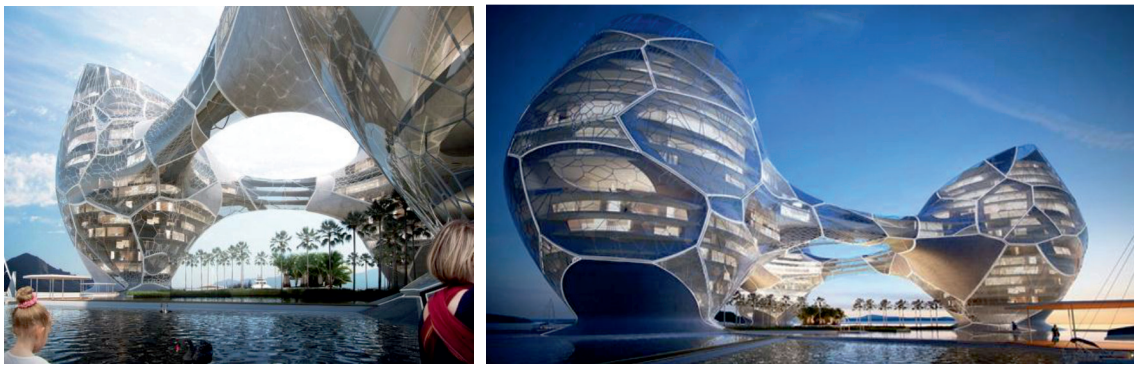
Еще одним примером этого же приема может служить экодизайн отеля «Парк Рояль» PARKROYAL on Pickering в Сингапуре (рис. 1, б), где архитекторы и дизайнеры WOHA превратили каменные джунгли мегаполиса в тропический сад [6]. На открытых террасах небоскреба расположился настоящий оазис площадью пятнадцать тысяч квадратных метров, что превышает близлежащий парк Hong Lim. При этом для орошения используется дождевая вода, которая накапливается в резервуарах и поступает в оросительную систему. Солнечная энергия, накопленная в батареях, установленных на крыше небоскреба, используется для ночного освещения фасада здания и подсветки открытых садов. Это позволяет значительно снизить потребление электричества. Для облицовки фасада здания использовано низкоэмиссионное стекло, через которое проходит энергия солнечного излучения, препятствуя ее выходу из помещения. Использование инновационных разработок в области экосистемы городского здания дает полное право Parkroyal on Pickering называться экоотелем, а потому этот отель очень привлекателен для туристов всего мира [6].

Другое направление экологичности и экологизации жилой среды – частичная или максимально возможная интеграция человека в природную среду. Примером является строительство небольших экологичных городков, которые принципиально делятся на два типа: престижные «города сады» – элитные поселения для людей с высоким достатком и более доступные экопоселения для обычных людей, которые бывают разной валентности (одни уходят от урбанизации, другие ее совершенствуют) (рис. 2). Элитные поселения отличаются изысканной архитектурой коттеджей и особняков самых различных стилей, высоким уровнем комфорта и ландшафтного дизайна. Тогда как экопоселения, наоборот, – экономичные в эксплуатации поселения, использующие естественные недорогие материалы и возобновляемую энергию и другие ресурсы.

И те и другие красивы и гармоничны, но их красота и гармония принципиально отличаются. Для оценки экологичности средовой ситуации предлагается использовать термин «валентность», который может учитывать при проектировании выбор величины «экоследа».

Элитные поселения с их раскошной архитектурой, бассейнами, обилием зелени и выразительных рукотворных и естественных ландшафтов создают благоприятную сенсорную среду, дополненную высоким уровнем удовлетворения потребностей для повышения качества жизни их обитателей, поэтому он неэкологичны в полной мере.

Рис. 2. Примеры индивидуальных жилых домов поселений в ландшафтном окружении



а)

б)

Рис. 3. Примеры загородных гостиниц: а) гостиница в Новой Зеландии; б) гостиница вблизи горного хребта Сьерра-де-Куера (фасад гостиницы и вид на гостиницу с юго-запада)

Они не направлены на обеспечение более устойчивого развития, поддержку социального равенства и сохранения природы за их пределами. Не учитывают экономию ресурсов и экологическое воспитание, а напротив, активно потребляют природную среду, что отличает их значительным размером «экологического следа», который и определяет коэффициент валентности. Экопоселения менее валентны, так как, обеспечивая высокое качество среды потребителю, одновременно обеспечивают более устойчивое развитие, экономию ресурсов, экологическое образование и воспитание [1, с. 201]. Строительство таких энергосберегающих домов обусловлено чисто экономическими соображениями и стремлением сэкономить на затратах по обслуживанию в будущем. Такие дома называют зданиями с нулевым балансом энергии – «нулевые дома». Они могут функционировать полностью автономно, вырабатывать тепло и электричество для собственных нужд самостоятельно, не зависят или почти не зависят от централизованных электро- и теплосетей, а солнечные коллекторы и батареи, ветрогенераторы и биореакторы интегрируют энергию в коттеджи, павильоны, высотки и даже стадионы. Для этого используются специальные системы вентиляции и сбора дождевой воды, применяются элементы солнечной архитектуры и ряд других решений.

В нашем регионе можно использовать такие ресурсы как в пригородной, так и загородной среде, что позволяет заметно экономить на эксплуатации зданий, делает не только безопасным, но и комфортным пребывание в них человека, а значит, и минимально валентным видом жилья. Потребители же элитного жилья и элитного комфорта, которые живут в более комфортных условиях, оставляют тяжелый «экологический след» за собой. Определение потребительских предпочтений, с учетом множественности факторов, влияющих на выбор принимаемого решения не однозначны, так как дифференциация потребления сохраняется. Обеспечить комфортное проживание можно с минимальной валентностью, то есть нагрузкой на среду, исходя из

принципа минимального достаточного потребления. Дифференцированная рента за потребление природных ресурсов должна повлиять на воспитание общества, поэтому потребители элитного жилья и элитного комфорта должны платить большую ренту на восстановление потраченных ресурсов для их возможного возобновления.

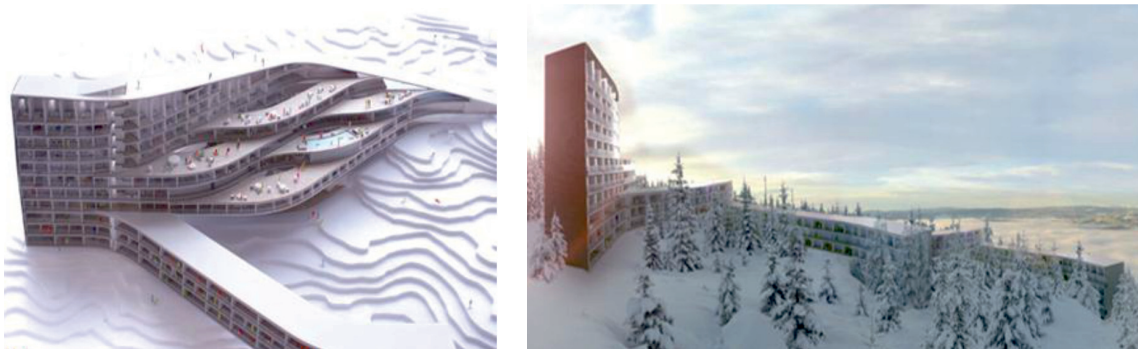
Еще один аспект экологизации архитектурной среды – визуальная экология, которая выражается в особом подходе к формообразованию архитектурных объектов и их внешнему облику. На основе непосредственных природных ассоциаций или влияния окружающей среды на создание образа и формы зданий рождаются необычные и запоминающиеся архитектурные и дизайнерские творения. Одним из направлений визуальной экологии современной архитектуры является бионический подход, который включает в себя исследования особенностей строения и форм природы, текстуры поверхностей ее элементов.

Рассмотрим несколько вариантов временного жилья на примере загородных гостиниц, которые привлекли внимание своим сочетанием или растворением с окружающей природой, повторяя её в своём образе.

Гостиница в футуристическом стиле, расположенная на мелководье вблизи Новой Зеландии, состоит из трех одинаковых по форме корпусов, соединённых между собой переходами на верхних этажах (рис. 3, а). Практически изолирована от шума и гама огромного количества людей [7, 8]. Поверхность здания, разделённая на многоугольные ячейки, напоминает гладь воды.

Другой рассматриваемый объект – загородная гостиница, расположенная вблизи горного хребта Сьерра-де-Куера [9]. Конструкция и образ здания обусловлены волнистым ландшафтом местности и повторяют контуры холмов, что делает гостиницу похожей на один из них (рис. 3, б).

В проекте датских архитекторов представлен дизайн горнолыжного отеля, растянувшегося по склону г. Хафъелл в Норвегии, где посетители и персонал гостиницы могут передвигаться вертикально по склону горы, не выходя наружу из здания, благодаря своеобразной многоуровневой структуре, решающей как функциональную проблему, так и эстетическую (рис. 4, а). Своей слоёной формой гостиница плавно переходит по спуску и повторяет тектонику горного склона, сливаясь с природным окружением.



а)

б)

Рис. 4. Примеры загородных гостиниц: а) горнолыжный отель в Норвегии (общий вид вдоль склона и макет гостиницы); б) загородная гостиница Амангири (Amangiri) в штате Юта (вид со стороны главного фасада)

Еще один пример – гостиница Амангири (Amangiri) в штате Юта, окруженная местными контрастами каньонов и высоких плато, где каменные материалы интерьеров, внешний облик и цветовое решение отражают особенности местности вокруг отеля (рис. 4, б) [10].

Концепции рассматриваемых загородных гостиниц построены на анализе особенностей окружающей среды, где максимально использовали «природные» приёмы таким образом, что, повторяя внешние и функциональные особенности местности, гостиницы становятся частью природы.

Экологическая красота городов – это красота, достигнутая на основе использования экологических законов и правил, основанная на поддержании природы во всем ее многообразии, на экологической этике, на достижении экологического равновесия, устойчивого (экологически поддерживающего) развития. Именно эта красота может и должна служить примером и распространяться в более устойчивом мире. Выявление направлений, приемов и методов экологичности и экологизации архитектурной среды на основе анализа рассмотренных примеров позволяет выбирать и применять в проектной практике реального проектирования и строительства приемы формирования экологичного жилья, как для постоянного, так и для временного проживания. А проведенные наблюдения и исследования могут быть полезны в учебной и педагогической практике формирования концепций зеленой архитектуры и проектирования экологичной жилой среды в архитектурном и архитектурно-дизайнерском образовании.

Список литературы

1. Тетиор А.Н. Социальные и экологические основы архитектурного проектирования: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений А.Н. Тетиор. – М.: Издательский центр «Академия», 2009. – 240 с.

2. Альберти Л.-Б. Десять книг о зодчестве: В двух томах. Том 1 / Леон-Баттиста Альберти. – М.: Изд-во Всесоюзной академии архитектуры, 1935–1937. – 392 с. (Классики теории архитектуры).

3. Мухнурова И.Г. Загородная гостиница как часть природы // Региональные аспекты развития науки и образования в области архитектуры, строительства, землеустройства и кадастров в начале III тысячелетия. Часть 1: Материалы V Международной научно-практической конференции, (Комсомольск-на-Амуре, 29–30 сентября, 2017 г.) – Комсомольск-на-Амуре: Изд-во ФГБОУ ВО «КнАГУ», 2017. – С. 49–51.

4. Портнова Е. Как «Вертикальный лес» вырос в Милане [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dd-space.com/2016/05/bosco-verticale-v-milane-dd.html (дата обращения: 21.02.2018).

5. Небоскрёб Боско Вертикале: Вертикальный лес в Милане [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://italy4.me/lombardia/milan/neboskryob-bosko-vertikale-vertikalnyj-les-v-milane.html (дата обращения: 21.02.2018).

6. Экодизайн отеля PARKROYAL on Pickering в Сингапуре [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.dd-space.com/2014/05/Eco-Hotel-parkroyal-on-pickering (дата обращения: 21.02.2018).

7. Литвина В. Рай на земле [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https: //innoblog.info/raj-na-zemle (дата обращения: 21.02.2018).

8. Литвина В. Ocean Nebula Hotel [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.behance.net/gallery/43148325/ Ocean-Nebula-Hotel (дата обращения: 21.02.2018).

9. Орлов О. Загородная гостиница в Испании с «живой» крышей [Электронный ресурс]. – Режим доступа:http://zeleneet.com/zagorodnaya-gostinica-v-ispanii-s-zhivoj-kryshej (дата обращения: 21.02.2018).

10. Отель Амангири, затерянный в пустыне Юта [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://monemo.ru/rest/otel-amangiri-zaterjannyy-v-pustyne-juta (дата обращения: 21.02.2018).

УДК 544.015.4

ОСОБЕННОСТИ ФАЗОВОЙ СИСТЕМЫ ЧАСТИЧНО КРИСТАЛЛИЧЕСКИЕ ЛИНЕЙНЫЕ ПОЛИМЕРЫ – ЖИДКОСТЬ

Панов Ю.Т., Ермолаева Е.В., Чижова Л.А.

ФГБОУ ВО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Владимир, e-mail: tpp_vlgu@mail.ru

Статья посвящена изучению процесса растворения частично кристаллических линейных полимеров в органических растворителях. Существующие теории растворов полимеров не позволяют аналитически описать любые возможные варианты диаграмм фазового равновесия в системах кристаллический полимер – растворитель. Цель работы заключается в получении на примере полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и растворителя (н-гептан) экспериментальных доказательств того, что обязательным условием полной аморфизации частично кристаллических полимеров в присутствии жидкости является предварительное превращение двухфазной системы полимер – жидкость в однофазную (раствор жидкости в аморфных областях полимера). Проведены и описаны экспериментальные исследования, позволившие построить полную диаграмму состояния системы ПЭВД–н-гептан, которая имеет три области, соответствующие состояниям системы (однофазная гомогенная система, однофазная микрогетерогенная система, двухфазная система), и две пограничные кривые. Полная фазовая диаграмма позволяет корректно описать физические состояния и фазовые превращения бинарных систем в состояниях ниже линии ликвидуса полимерного компонента; определить области существования равновесных однофазных и метастабильных двухфазных физических гелей, которые представляют интерес в качестве исходных компонентов для получения полимерных мембран и других функциональных материалов.

Ключевые слова: фазовая диаграмма, частично кристаллический линейный полимер, н-гептан, фазовое состояние, бинодаль, ликвидус

FEATURES OF PHASE SYSTEM SEMICRYSTALLINE LINEAR POLIMERS-LIQUID

Panov Yu.T., Ermolaeva E.V., Chizhova L.A.

Vladimir State University, Vladimir, e-mail: tpp_vlgu@mail.ru

Article is devoted to studying of process of dissolution of semicrystalline linear polymers in organic solvents. The existing theories of solutions of polymers don't allow to describe analytically any possible versions of charts of phase balance in systems crystal polymer-solvent. The purpose of work consists in receiving on the example high-pressure polyethylene (HPP) and solvent (n-heptane) of experimental proofs that an indispensable condition of full amorphicity of semicrystalline linear polymers in the presence of liquid is preliminary transformation of two-phase system polymer – liquid in single-phase (liquid solution in amorphous areas of polymer). The pilot studies which have allowed to construct the full chart of a condition of the HPP-n-geptan system which has three areas corresponding to conditions of system (single-phase homogeneous system, single-phase microheterogeneous system, two-phase system) and two boundary curves are conducted and described. The full phase chart allows to describe correctly physical conditions and phase transformations of binary systems in states liquidus line of a polymeric component are lower; to define areas of existence of equilibrium single-phase and metastable two-phase physical gels which are of interest as initial components to receiving polymeric membranes and other functional materials.

Keywords: phase chart, semicrystalline linear polymer, n-heptane, phase state, binodal, liquidus line

Целый ряд изделий, таких как волокна, пленки и в первую очередь мембраны, могут быть получены только в результате предварительного растворения полимерных материалов в органических жидкостях с последующим удалением последних.

Первой теорией, количественно объяснившей неидеальность поведения реальных растворов полимеров и ставшей впоследствии классической, явилась теория Флори – Хаггинса, которая основана на решеточной теории жидкости [1].

В настоящее время для описания термодинамических свойств растворов полимеров наиболее широко применяется новая теория Флори, в основу которой положено понятие о свободном объеме [1].

Тем не менее даже эта теория не в состоянии описать все возможные варианты диаграммы фазового равновесия систем полимер – растворитель. В первую очередь это касается систем частично кристаллический полимер – растворитель. В связи с этим для анализа данных систем применяется обычный для физической химии метод, основанный на анализе экспериментальных данных, полученных для построения диаграмм состояния, который позволяет оценить с требуемой точностью происходящие изменения тех или иных характеристик [2]. В частности, при описании различных процессов, например массопереноса или фазового равновесия, эти полимеры относят или к двухфазным (аморфная и кристаллическая фазы) или к однофазным, считая эту фазу дефектной кристаллической.

Понятно, что теоретическое обоснование технологических решений по управле-

нию процессами получения изделий путем структурирования расплавов или растворов полимеров в данной ситуации невозможны, и разработка конкретных технологий до настоящего времени требует длительного экспериментального подбора.

В опубликованных в последние годы работах [3–5] отстаивается точка зрения, что частично кристаллические гибкоцепные полимеры можно рассматривать как метастабильные микрогетерогенные жидкости с кристаллитами в узлах трехмерной межмолекулярной сетки. В таких полимерах всегда существуют внутренние напряжения, а расположение элементарных звеньев макромолекул в областях с различным уровнем порядка определяется критериями термомеханического равновесия.

При аналогичном подходе к оценке фазового состояния частично кристаллических (ЧК) полимеров происходящие в них термические процессы структурной перестройки и аналогичные изменения при одновременном воздействии температуры и термодинамических интенсивных жидкостей можно рассматривать с единых позиций.

Поэтому изучение фазового равновесия в системах полимер – жидкость является актуальной проблемой, в которой объединились интересы не только фундаментальной науки, но и требования практики полимерного материаловедения.

Цель работы – получение на примере полиэтилена высокого давления (ПЭВД) и растворителя (н-гептан) экспериментальных доказательств того, что необходимым условием перехода частично кристаллических полимеров в аморфное состояние в присутствии растворителя является предварительный переход двухфазной системы в однофазную (систему «полимер – жидкость» в систему «раствор жидкости в аморфных областях полимера»).

Материалы и методы исследования

В работах [3, 6, 7] выдвигается предположение, что в системах частично кристаллический полимер – жидкость фазовое равновесие не может быть адекватно описано классической диаграммой, включающей одну пограничную кривую (кривую ликвидуса), показывающую зависимость температуры плавления кристаллической фазы полимера от соотношения компонентов бинарной смеси.

Как считают авторы [7, 8], должна быть как минимум еще одна пограничная кривая (линия BD), отражающая превращение исходной двухфазной системы полимер – жидкость в однофазную – раствор жидкости в аморфных областях ЧК полимера. Эта линия – правая ветвь бинодали, отражающей экстракционное или осмотическое равновесие в системе частично кристаллический полимер – жидкость. Такого рода диаграмма схематически изображена на рис. 1.

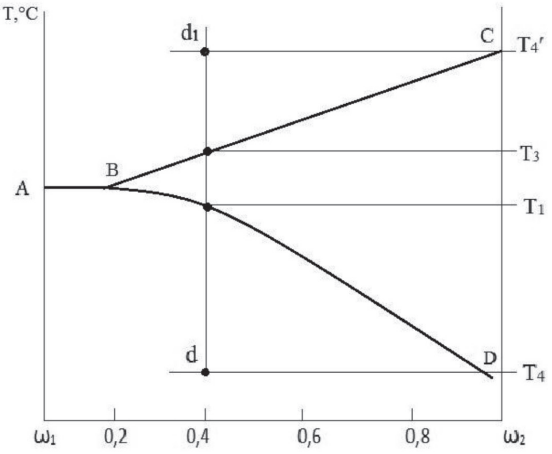


Рис. 1. Схематическое изображение диаграммы состояния системы ЧК полимер – жидкость

Предположим, что система полимер – растворитель состава d (рис. 1) нагревается до температуры T_4' (точка d_1). При нагревании могут быть установлены две характерные температуры. Первая (T_1) – это температура полного растворения жидкости в аморфных областях полимера. Вторая (T_3) – это температура полного перехода в расплав в однофазной системе геля полимера с узлами сетки в виде кристаллитов.

Линия BD, отражающая зависимость T_1 от состава исходной системы, может быть получена путем непосредственного определения температуры перехода двухфазной системы в однофазную.

Методика, приведенная в работах [3, 8], основана на определении различий коэффициентов преломления жидкости и набухающего полимера. Присутствие жидкости в системе может быть определено и зафиксировано визуально по наличию мениска.

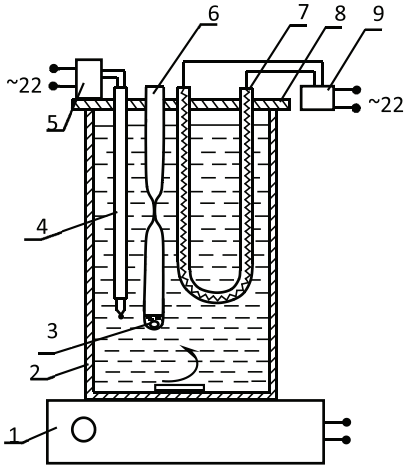


Рис. 2. Принципиальная схема рабочей установки: 1 – магнитная мешалка; 2 – стеклянный стакан; 3 – полимер и жидкость; 4 – термопара; 5 – регулятор температуры; 6 – стеклянная пробирка; 7 – U-образный нагреватель; 8 – тефлоновая крышка; 9 – латр

Установка (рис. 2) состоит из толстостенного стеклянного стакана (2), который закрыт тефлоновой крышкой (8). Стакан устанавливается на магнитную

мешалку (1) и заполняется термостойкой жидкостью (например, полиметилсилоксановой). В крышке установлены: нагреватель (7), выполненный из кварцевой U-образной трубки и спирали из нихромовой проволоки; пробирка (6), нижняя часть которой представляет собой запаянную ампулу, содержащую точно известные количества жидкости и полимера (3); термопара (4) и регулятор температуры (5). Поддержание температуры в рабочей ампуле с точностью ±0,1 градус обеспечивается регулированием мощности нагревателя (7) с помощью лабораторного автотрансформатора (9) [3].

Для проведения эксперимента в пробирку известной массы помещают предварительно взвешенную гранулу (или ее часть) полимера. У пробирки формируют тонкую шейку с помощью газовой горелки. Дозирование жидкости производят через эту шейку с помощью микрошприца с длинной иглой, после чего шейку пробирки заплавляют, образуя замкнутое пространство объемом 0,2–0,3 мл. После этого пробирку снова взвешивают на весах с точностью $\pm 3 \cdot 10^{-5}$ г для установления точного количества введенной жидкости [3, 8].

Подготовленную таким образом пробирку с составом d (рис. 1) помещают в стакан (2) и фиксируют температуру с точностью ±0,1 °С. Фазовое состояние системы оценивают через час. Если наблюдают отсутствие мениска жидкости, это означает, что при данном соотношении компонентов T_1 меньше исходной. Если же наблюдают мениск, это означает, что система двухфазна. В этом случае исследуемый образец подвергают нагреву со скоростью 1 градус в минуту, при этом через каждые 5 градусов образец выдерживают в течение 1 часа. При исчезновении мениска и переходе системы в опалесцирующий раствор считают, что система превратилась в однофазную. Температура, при которой это произошло, принимается за приблизительное значение T_1 [3].

При дальнейшем нагревании исследуемая система может перейти в прозрачную жидкость (опалесцирующий эффект пропадает). Температура этого перехода – T_3 (рис. 1).

Для получения точных значений (до 0,5 °С) температуру в установке снижают на 4–6 градусов ниже температуры T_1 и эксперимент повторяют со второй аналогичной пробиркой со скоростью подъема температуры не более 1 градуса в час.

Результаты исследования и их обсуждение

На основании полученных оптическим методом экспериментальных значений температуры T_1 перехода двухфазной системы в однофазную: перехода системы полимер – жидкость в раствор жидкости в аморфных областях полимера и температуры T_3 – температуры плавления последних кристаллов в однофазной системе для систем различных составов, были построены линии BC и BD, которые приведены на рис. 3.

Как видно из рис. 3, при температуре 20 °С в точке d система, содержащая 0,75 мас. долей ПЭВД, двухфазна: н-гептан + полиэтилен. В точке d_1 при температуре T_1 0,25 мас. долей н-гептана, имеющиеся в исходной смеси, исчезают в результате растворения в полимере, и система из двухфазной превращается в однофазную опалесцирующую (за счет сохранения в ней кристаллитов полимера) микрогетерогенную систему. При переходе от точки d к точке d_1 визуально фиксируется увеличение размеров опалесцирующей полимерной фазы и уменьшение количества прозрачного компонента (н-гептана).

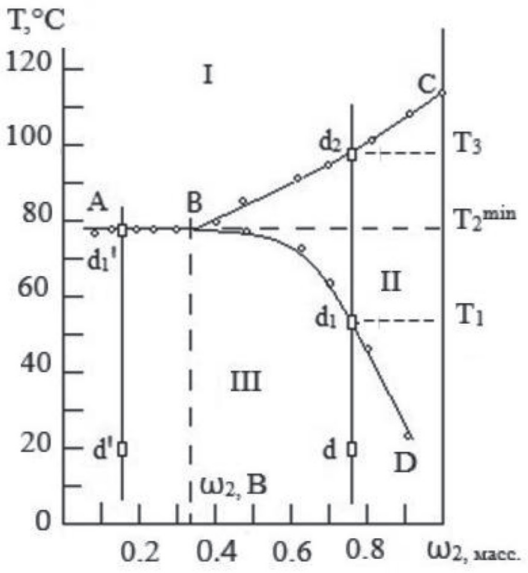


Рис. 3. Диаграмма состояния системы ПЭВД – н-гептан

При дальнейшем повышении температуры (от точки d_1 к точке d_2) наблюдается уменьшение интенсивности опалесценции, которая полностью исчезает в точке d_2 при T_3.

В точке d_2 при T_3 однофазная опалесцирующая система превращается в прозрачный раствор. Это свидетельствует о том, что процесс плавления кристаллитов полимера заканчивается, то есть завершается переход первого рода по отношению к мономерным звеньям макромолекул (кристаллиты – аморфная область). Этот раствор представляет собой гель жидкости в высокоэластическом полимере, в котором отсутствует сетка с узлами в виде кристаллитов [3].

При этой температуре бинарная смесь теряет форму набухшей гранулы и превращается в текучую гомогенную жидкость – раствор н-гептана в расплаве ПЭВД.

Система, содержащая в исходной смеси 0,15 мас. долей ПЭВД (точка d′), при комнатной температуре также двухфазна.

При ступенчатом повышении температуры в системе наблюдается увеличение размеров опалесцирующей полимерной фазы, одновременно происходит уменьшение интенсивности ее опалесценции. В точ-

ке d_1' при T_2^{min} фаза, обогащенная полимером, становится оптически прозрачной, но отличается от второй жидкой фазы (избытка н-гептана) коэффициентом преломления и большей плотностью.

Эта двухфазность системы исчезает через 5 часов ее термостатирования при T_2^{min}, в результате образуется оптически однофазная система: молекулярная смесь жидкости и расплава полимера.

Таким образом, на диаграмме ПЭВД–н-гептан можно выделить три области: I – однофазная гомогенная (молекулярная смесь расплава полимера и н-гептана), ограниченная линией ABC; II – однофазная микрогетерогенная (раствор н-гептана в аморфных областях полимера), ограниченная линиями BC и BD, которая представляет собой гель с узлами сетки в виде кристаллитов полимера; III – двухфазная (раствор н-гептана в частично кристаллическом полимере + чистый н-гептан), ограниченная линией ABD. Соотношение компонентов в растворе зависит от температуры и соответствует значению абсциссы точки, получаемой в результате пересечения горизонтальной линии, на которой находится та или иная выбранная температура, и кривой BD.

Исходя из вышеизложенного, линия ABD является фазовой. Это линия превращения двухфазной системы в однофазную (раствор н-гептана в аморфных областях частично кристаллического полиэтилена). При этом участок BD показывает температурную зависимость растворимости н-гептана в аморфных областях полиэтилена и, следовательно, осмотическое равновесие, устанавливающееся в системе в результате односторонней диффузии молекул жидкости в полимер.

Линия BC фазовой не является. Это линия плавления последних кристаллитов, которые не связаны между собой проходными цепями в присутствии различных количеств жидкости.

Поскольку рассматриваемые системы в области II являются однофазными, то использование правила рычага для оценки состава сосуществующих фаз, которое обычно применяется для анализа систем, состоящих из двух низкомолекулярных кристаллизующихся жидкостей, и традиционно используется применительно к системам частично кристаллический полимер – жидкость, является неправомерным [3].

Диаграмма состояния без линии BD является неполной, поскольку не дает верного представления о состоянии системы, находящейся под линией BC [3].

Полученная диаграмма подтверждает предположение, сформулированное в работах [3, 7]: частично кристаллический полимер можно рассматривать как микрогетерогенную объемноструктурированную жидкость, в узлах сетки которой расположены кристаллиты, образованные мономерными звеньями макромолекул.

Заключение

Впервые получена полная диаграмма состояния системы ПЭВД – н-гептан, подтверждающая гипотезу о двухфазном состоянии частично кристаллических полимеров.

В появившейся на диаграммах фигуративной точке реализуется ситуация, когда растворение всей имевшейся в исходной двухфазной системе жидкости в полимере сопровождается его одновременной полной аморфизацией.

Полная фазовая диаграмма позволяет корректно описать физические состояния и фазовые превращения бинарных систем в состояниях ниже линии ликвидуса полимерного компонента; определить области существования равновесных однофазных и метастабильных двухфазных физических гелей, которые представляют интерес в качестве исходных компонентов для получения полимерных мембран и других функциональных материалов.

Список литературы

1. Флори П. Статистическая механика цепных молекул / П. Флори. – М.: Мир, 1971. – 320 с.

2. Балашова И.М. Моделирование равновесий жидкость пар для растворов полимеров / И.М. Балашова, Л.В. Мокрушина, А.Т. Морачевский // Теоретич. основы химич. технолог. – 1996. – Т. 30, № 5. – С. 366–382.

3. Вялова А.Н. Полиэтилен низкой плотности и изотактический полипропилен как метастабильные микрогетерогенные жидкости: дис. ... канд. хим, наук. – Иваново, 2012. – 234 с.

4. Фазовое равновесие в системе полукристаллический полимер – жидкость: изотактический полипропилен – дибутилфталат / Л.Н. Мизеровский [и др.] // Высокомол. соед. Сер. А. – 2015. – Т. 57, № 4. – С. 295–305.

5. Мизеровский Л.Н. Диаграммы состояния систем частично кристаллический полимер – хороший растворитель. Система изотактический полипропилен–м-ксилол / Л.Н. Мизеровский, К.В. Почивалов, А.Н. Вялова // Высокомол. соед. Сер. А. – 2013. – Т. 55, № 5. – С. 505–511.

6. Мизеровский Л.Н. Частично кристаллический полимер как метастабильная микрогетерогенная жидкость / Л.Н. Мизеровский, К.В. Почивалов, В.В. Афанасьева // Высокомол. соед. Сер. А. – 2010. – Т. 52, № 10. – С. 1–13.

7. Мизеровский Л.Н. Фазовое равновесие в системах линейный полимер – жидкость и структурно-термодинамические особенности полимерной фазы / Л.Н. Мизеровский, К.В. Почивалов // Химические волокна. – 2009. – № 3. – С. 3–11.

8. Дни науки студентов Владимирского государственного университета имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых: сб. материалов науч.-практ. конф. 28 марта – 15 апр. 2016 г., г. Владимир [Электронный ресурс] / Владим. гос. ун-т им. А. Г. и Н. Г. Столетовых. – Владимир: Изд-во ВлГУ, 2016. – С. 101–103. URL: http://www.sci.vlsu.ru/news/sob/day_of_scince__2016.pdf (дата обращения: 13.03.2018).

УДК 69:658.562.012.7

ОЦЕНКА СТАБИЛЬНОСТИ ПРОЦЕССА ПРОИЗВОДСТВА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Петухова Н.А., Гречишкина Я.А.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный университет архитектуры и строительства», Пенза, e-mail: npetukhova58@mail.ru

На сегодняшний день главной задачей предприятий является улучшение качества производимой ими продукции для повышения ее конкурентоспособности. Оценку прочности бетона на предприятиях, производящих бетонные и железобетонные изделия, проводят статистическими методами контроля с учетом однородности бетона по прочности. В статье авторами рассматривается возможность применения контрольных карт ($\bar{X} - s$ -карты) для анализа статистической управляемости процесса тепловлажностной обработки железобетонных изделий по температуре (на примере блоков бетонных для стен подвалов на предприятии г. Пензы). Данные по температуре получены в период изотермического прогрева изделий с апреля по сентябрь. В данной работе рассматриваются выборки за три месяца (апрель, июль, сентябрь), показавшие наиболее характерные структуры точек на контрольных картах. Авторами рассчитаны контрольные границы для параметра положения и изменчивости и построены контрольные карты. Для статистически управляемого процесса авторами рассчитаны основные показатели возможности процесса. Представлены индексы, отражающие изменчивость процесса по отношению к техническим требованиям. Также авторами рассчитана однородность бетона в каждом месяце. Для определения характеристик однородности бетона по прочности был рассчитан коэффициент вариации. По работе сделаны основные выводы.

Ключевые слова: контроль, управление качеством, контрольные карты, статистическая управляемость, коэффициент вариации, однородность бетона

ESTIMATION OF THE STABILITY OF THE PROCESS OF PRODUCTION OF CONSTRUCTION PRODUCTS

Petukhova N.A., Grechishkina Ya.A.

Penza State University of Architecture and Construction, Penza, e-mail: npetukhova58@mail.ru

To date, the main task of enterprises is to improve the quality of their products to improve its competitiveness. Estimation of strength of concrete in enterprises producing concrete and reinforced concrete products is carried out by statistical methods of control, taking into account the uniformity of concrete in strength. In the article the author considers the possibility of using control charts ($\bar{X} - s$ -cards) for analyzing the statistical controllability of the process of heat and moisture treatment of reinforced concrete products by temperature (on an example of blocks concrete for walls of cellars at the enterprise of Penza). Temperature data were obtained during the isothermal heating period from April to September. In this paper we consider samples for three months (April, July, September), which showed the most characteristic structures of points on the control charts. The author calculated control limits for the position and variability parameter, and constructed control charts. For the statistically controlled process, the author has calculated the main indicators of the process capability. Indices are presented that reflect the variability of the process in relation to technical requirements. The authors also calculated the uniformity of concrete in each month. To determine the characteristics of the uniformity of concrete for strength, the coefficient of variation was calculated. On the work made major findings.

Keywords: control, quality management, control charts, statistical controllability, coefficient of variation, uniformity of concrete

В настоящее время одной из главных задач предприятий является улучшение качества производимой ими продукции и предоставляемых услуг для повышения конкурентоспособности как продукции (услуг), так и предприятия в целом.

Оценку прочности бетона на предприятиях, производящих бетонные (железобетонные) изделия, проводят статистическими методами контроля с учетом характеристик однородности бетона по прочности, согласно государственному стандарту.

Качество готовой продукции во многом зависит от качества технологического процесса, следовательно, по качеству процесса можно судить о качестве конечного изделия. Оценку качества технологического процесса на практике, как правило, проводят по результатам выборочного контроля параметров производимой продукции [1, 2].

Твердение бетонных и железобетонных изделий может происходить в естественных условиях при нормальной температуре и влажности, а также в условиях тепловой обработки (искусственные условия твердения). Тепловлажностная обработка способствует быстрому набору прочности бетона и является обязательным процессом при заводском изготовлении железобетонных изделий.

Полный цикл тепловлажностной обработки (ТВО) изделий подразделяется на следующие периоды:

– период предварительного выдерживания;
– период подъема температуры;
– период изотермического прогрева;
– период охлаждения.

Таблица 1

Данные измерения температуры при тепловлажностной обработке

Статистика	№ подгруппы									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
апрель										
$\overline{X}$	68,8	69,9	69,3	69,7	70,1	70,3	70,3	71,2	70,2	69,9
s	1,82	1,52	1,06	1,16	1,91	2,50	2,21	2,66	1,87	1,85
июль										
$\overline{X}$	79,0	79,2	79,4	80,8	80,0	80,8	80,2	80,3	80,1	80,6
s	1,76	1,55	1,65	1,14	0,94	1,81	0,79	0,95	1,10	0,70
сентябрь										
$\overline{X}$	78,7	78,2	78,6	77,8	76,5	75,8	77,0	75,6	76,4	75,7
s	2,45	2,57	3,06	0,92	2,07	1,03	1,63	2,07	0,84	2,00

Режимы ТВО изделий направлены на достижение максимального ускорения твердения бетонной смеси при минимально возможных затратах энергии и цемента и при соблюдении требований к показателям качества и долговечности изделий.

Прочность бетона после ТВО определяется качеством сырья и режимом обработки. Однако приемка бетона путем сравнения его фактической прочности с требуемой без учета характеристик однородности бетона по прочности не допускается [3].

Чтобы своевременно выявить нарушения в ходе технологического процесса, необходимо регулярно отбирать образцы, осуществлять измерение их параметров и в зависимости от результатов измерений принимать решение либо продолжать процесс производства (если отклонений не найдено), либо (если найдены отклонения) прервать его и осуществить настройку технологических параметров [1].

Контрольные карты являются одним из главных инструментов статистического управления процессами, позволяют оценить внутреннюю изменчивость процесса [4–6].

Анализ статистической управляемости процесса тепловлажностной обработки по температуре с помощью контрольных карт Шухарта по количественному признаку, для которых не заданы значения параметра, рассмотрим при производстве блоков бетонных для стен подвалов (ООО «Строительные материалы», г. Пенза). Для установления наличия в серии наблюдений отклонений, превышающих ожидаемые вариации, используем контрольную карту первого типа, где применяют контрольные границы, вычисленные на основе данных выборки. В связи с тем, что блоки формуют и проводят ТВО на открытом полигоне, необходимо изучить влияние процесса ТВО на однородность прочности бетона.

Блоки изготавливают в период с апреля по сентябрь. Для исследования статистической управляемости процесса ТВО из производственного процесса были отобраны десять выборок из каждого месяца объемом 10 шт. и вычислены выборочные средние и стандартное отклонение подгрупп (табл. 1). В данной работе рассматриваются выборки за три месяца (апрель, июль, сентябрь), показавшие наиболее характерные структуры точек на контрольных картах.

Выборочные средние $\left(\overline{X}_j\right)$ и стандартные отклонения (s_j) вычислены для каждой подгруппы j (табл. 1).

Так как μ и σ в данном случае неизвестны, $\overline{\overline{X}}$ и $\overline{s}$ вычислены на основе полного набора данных по формулам

$$\overline{\overline{X}} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}\overline{X}_j, \qquad (1)$$

$$\overline{s} = \frac{1}{k}\sum_{j=1}^{k}s_j, \qquad (2)$$

где k – количество подгрупп.

На первом этапе определяли состояние управляемости процесса по s-карте. Затем на основе значений $\overline{X}$ и s строили $\overline{X}$ -карту [7].

Верхние (U_{CL}) и нижние (L_{CL}) контрольные границы рассчитывали по формулам [7]:

для s-карты

$$U_{CL} = B_4\overline{s}, \qquad (3)$$

$$L_{CL} = B_3\overline{s}, \qquad (4)$$

где B_4, B_3 – коэффициенты для нахождения контрольных границ, в зависимости от количества наблюдений в подгруппе n (при $n = 10$, $B_4 = 1{,}716$, $B_3 = 0{,}284$).

для $\overline{X}$ -карты

$$U_{CL} = \overline{\overline{X}} + A_3\overline{s}\ , \qquad (5)$$

$$L_{CL} = \overline{\overline{X}} - A_3\overline{s}\ , \qquad (6)$$

где A_3 – коэффициент для нахождения контрольных границ, в зависимости от количества наблюдений в подгруппе n (при $n = 10$, $A_3 = 0{,}975$).

На рис. 1–3 представлены контрольные карты ($\overline{X} - s$ -карта), построенные по данным за апрель, июль и сентябрь.

Анализ контрольных карт показывает, что процесс находится в статистически управляемом состоянии, т.е. стабилен по разбросу и по средним значениям. $\overline{X}$ -карта показывает, что степень настроенности процесса во времени не изменяется и остается постоянной. Видимые колебания средних значений $\overline{X}$ процесса обусловлены влиянием только случайных причин.

Однако, изучая $\overline{X}$ -карту, построенную по данным за апрель, можно отметить, что средние значения (шесть подряд точек) закономерно возрастают, а на $\overline{X}$ -карте (за июль) семь точек лежат выше центральной линии. Это говорит о том, что степень настроенности процесса подвержена действию переменного систематического фактора. Такие же признаки, связанные с расположением характерных структур точек относительно центральной линии, показывают построенные контрольные карты за другие месяцы. Появление таких структур указывает на действие особых причин. Необходимо разработать правила регулирования процесса для предупреждения возникновения брака продукции в дальнейшем.

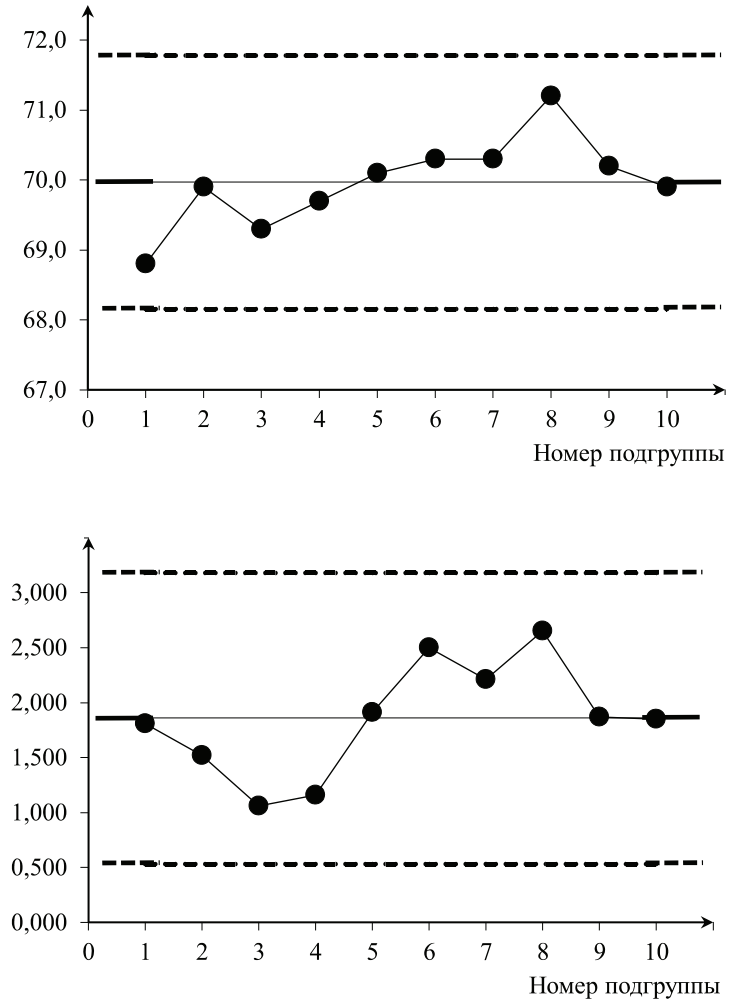


Рис. 1. $\overline{X} - s$ -карта (апрель)

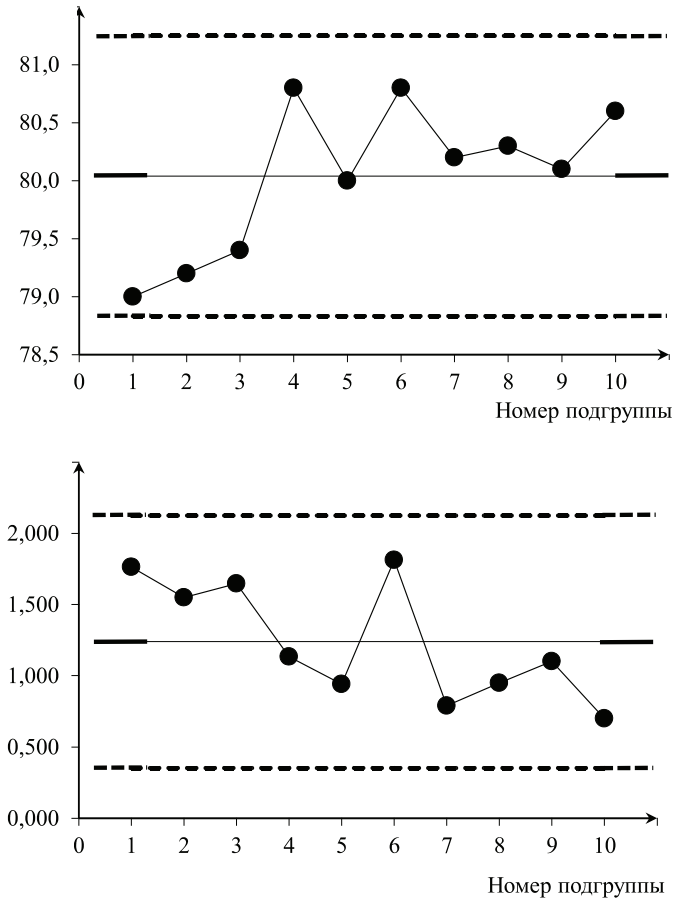


Рис. 2. $\bar{X} - s$ *-карта (июль)*

Процесс ТВО находится в состоянии статистической управляемости, т.е. его работа прогнозируема и его соответствие установленным требованиям может быть проверено. Так как в основе управления процессом лежит прогноз состояния этого процесса, необходимо рассчитать возможности. Воспроизводимость процесса определяется его общей изменчивостью, обусловленной только случайными причинами. Для определения воспроизводимости процесса используют индекс воспроизводимости C_p.

$$C_p = \frac{U - L}{\Delta}, \qquad (7)$$

где U – верхняя граница поля допуска;
L – нижняя граница поля допуска;
Δ – изменчивость процесса.

Изменчивость процесса определяется по формуле

$$\Delta = 6\sigma, \qquad (8)$$

где σ – истинное стандартное отклонение совокупности.

$$\sigma = \frac{\sum s_i}{kC_4}, \qquad (9)$$

где s_i – стандартное отклонение i-й подгруппы;
k – количество подгрупп объема n;
C_4 – коэффициент, взят из таблицы для $n = 10$.

В табл. 2 представлен отчет о воспроизводимости процесса тепловлажностной обработки блоков бетонных для стен подвалов.

Поскольку $C_p < 1$, процесс является не воспроизводимым. Это означает, что изменчивость технологической системы не способствует выпуску бетонных блоков без брака. Поэтому перед тем, как приступить к следующей стадии, т.е. к переводу процесса на статистическое регулирование, целесообразно узнать, что будет дешевле: или величина издержек от брака продукции, или стоимость доводки технологической системы до необходимой степени точности.

Для определения характеристик однородности бетона по прочности, был рассчитан коэффициент вариации [3].

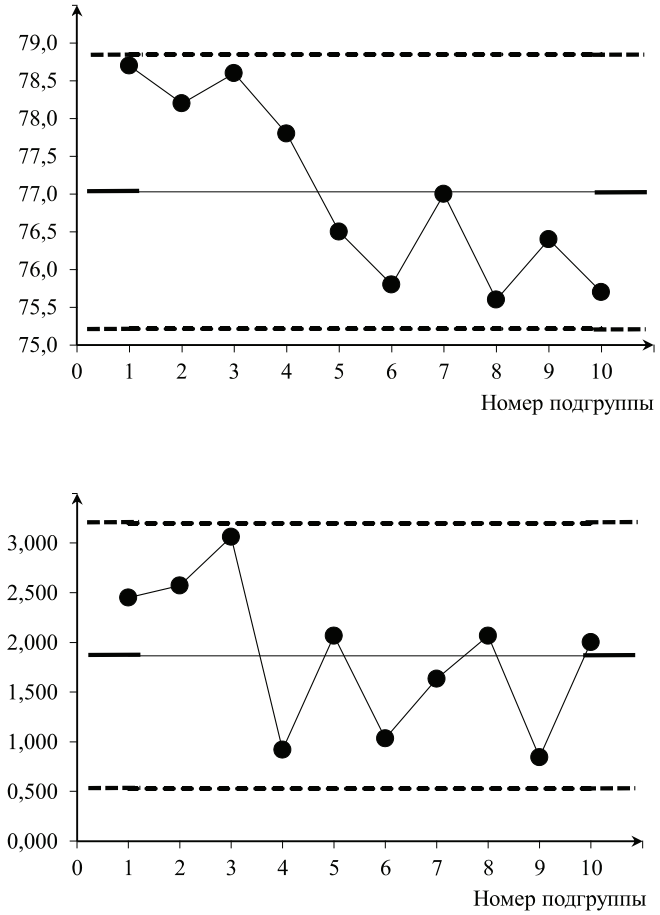


Рис. 3. $\bar{X} - s$ *-карта (сентябрь)*

Таблица 2

Отчет об индексах воспроизводимости процесса

	апрель	июль	сентябрь
Индекс воспроизводимости процесса	$C_p = 0{,}524$	$C_p = 0{,}785$	$C_p = 0{,}521$
Метод вычисления*	$M_{3.3}$		
Количество значений, используемых для вычисления	100	100	100

Примечание. * – метод вычисления соответствует ГОСТ Р ИСО 22514-2-2015

Средний внутрисерийный коэффициент вариации прочности бетона $\bar{V}$, %, определяли по результатам испытания последовательных 10 серий образцов бетона. Для этого определяли размах W_i и прочность бетона R_i в каждой серии, а также средний размах $\bar{W}$, МПа, и среднюю прочность $\bar{R}_i$, МПа, по всем 10 сериям по формулам [3]:

$$W_i = R_{i,\max} - R_{i,\min}, \qquad (10)$$

где $R_{i,\max}$ и $R_{i,\min}$ – максимальное и минимальное значение прочности бетона в каждой серии образцов, МПа

$$\bar{V} = \frac{\bar{W}}{d\bar{R}_i}, \qquad (11)$$

где d – коэффициент, принимаемый в зависимости от числа образцов n в каждой серии (для $n = 4$, $d = 2{,}06$).

Коэффициент вариации прочности бетона показал, что в первый месяц начала производства блоков коэффициент вариации приближается к 8%. Так, в апреле коэффициент вариации составил – 7,8%, в мае – 6,0%. В летние месяцы производства коэффициент вариации прочности бе-

тона показывает хорошие результаты и находится в пределах от 4 до 6%. С началом осени в сентябре этот показатель опять повышается и составляет 7,3%.

Коэффициент однородности подтверждает, что на процесс производства блоков для стен подвалов воздействуют особые дестабилизирующие факторы, которые можно разделить на внутренние, свойственные самому процессу, и внешние, обусловленные средой, в которой эти процессы функционируют. Эти факторы должны быть обнаружены, чтобы в дальнейшем их скомпенсировать.

Список литературы

1. Петухова Н.А., Садовникова М.А., Новиченкова Н.А. Управление качеством продукции при производстве ружья для подводной охоты // Науковедение. – 2017. – Т. 9, № 5. URL: https://naukovedenie.ru/PDF/71TVN517.pdf (дата обращения: 30.03.2018).

2. Гречишкина Я.А. Определение уровня качества строительной продукции / Я.А. Гречишкина, Н.А. Петухова // Аллея Науки. – № 16. – 2017. URL: Alley-science.ru (дата обращения: 30.03.2018).

3. ГОСТ 10180-2012. Межгосударственный стандарт. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2013. – 30 с.

4. Васильев Ю.Э. Статистические методы контроля качества при производстве цементобетона и цементобетонных смесей / Ю.Э. Васильев, В.Г. Полянский, Е.Р. Соколова, Р.Б. Гарибов, А.В. Кочетков, Л.В. Янковский // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 4.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=6606 (дата обращения: 10.04.2018).

5. Жегера К.В. Оценка конкурентоспособности строительного предприятия и продукции / К.В. Жегера, Н.Р. Кулиев // Концепт. – 2017. – Т. 39. – С. 821–825. URL: http://e-koncept.ru/2017/970491.htm (дата обращения: 10.04.2018).

6. Лукин В.Н. Оценка стабильности циклических процессов с использованием контрольных карт Шухарта / В.Н. Лукин, В.В. Ященко // Известия СПбГЭТУ ЛЭТИ. – 2013. – № 5. – С. 116–122.

7. ГОСТ Р ИСО 7870-2-2015. Статистические методы. Контрольные карты. Часть 2. Контрольные карты Шухарта. – М.: ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ», 2016. – 42 с.

УДК 004.93

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИЧЕСКОЙ КЛАСТЕРИЗАЦИИ В ЗАДАЧАХ РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ

Печеный Е.А., Аль-Хашеди А.А., Нуриев Н.К.

ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, e-mail: alhashedi@mail.ru

В настоящей статье изучается возможность использования аппарата кластерного анализа применительно к решению задачи распознавания образов в предположении, что образы объектов могут быть интерпретированы как векторы пространства конечной размерности. Обосновывается целесообразность и эффективность кластеров сферической формы для работы большими обучающимися выборками. В отличие от других известных работ, посвященных аналогичной тематике, здесь кластеры рассматриваются как динамические образования, положение и размеры которых изменяются по мере пополнения обучающей выборки новыми объектами. Предлагается простой и легко реализуемый алгоритм, позволяющий выполнять расчет необходимых изменений. Для практической реализации алгоритма разработан специализированный программный комплекс, также заложены основы эволюционного формирования кластерной модели, позволяющей использовать ее для решения задач эффективного управления. Полученные результаты дают основание характеризовать всю совокупность кластерных сфероидов как подвижную самоорганизующуюся систему и показывают, что кластеры являются динамическими образованиями, изменяющимися под воздействием потока распознаваемых образов. Действие разработанного алгоритма демонстрируется и подробно комментируется на конкретном примере. Разработанный алгоритм реализован в среде Netbeans с использованием объектно-ориентированного языка программирования Java и Javascript.

Ключевые слова: распознавание образов, математическая модель, динамическая кластеризация, кластер, кластерный анализ, классификация

MATHEMATICAL MODEL OF DYNAMIC CLUSTERIZATION IN OBJECT-RECOGNITION TASKS

Pechenyy E.A., Alkhashedi A.A., Nuriev N.K.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technological University», Kazan, e-mail: alhashedi@mail.ru

In this paper, we study the possibility of using the cluster analysis apparatus for solving the pattern recognition problem under the assumption that the images of objects can be interpreted as vectors of finite-dimensional space. The expediency and efficiency of spherical shape clusters for work with large training samples is substantiated. Unlike other well-known works devoted to similar subjects, here clusters are considered as dynamic formations, the position and sizes of which change as the learning sample replenishes with new objects. A simple and easily implemented algorithm is proposed that allows you to calculate the necessary changes. For the practical implementation of the algorithm, a specialized software package has been developed, as well as the foundations for the evolutionary formation of a cluster model that allows it to be used to solve problems of effective management. The obtained results give the basis for characterizing the whole set of cluster spheroids, as a live self-organizing system and show that clusters are dynamical formations that vary by the action of a stream of recognizable images. The action of the developed algorithm is demonstrated and detailed in a concrete example. The developed algorithm was implemented in the Netbeans environment using the object-oriented programming language Java and Javascript.

Keywords: pattern recognition, mathematical model, dynamic clustering, cluster, cluster analysis, classification

Распознавание образов является на сегодняшний день одной из наиболее приоритетных и актуальных проблем, стоящих перед человеческим сообществом. Оно теснейшим образом связано с задачами, возникающими в процессе проектирования и разработки надежных охранных систем; с вопросами теоретической и прикладной робототехники; с проблемами эффективного управления сложными автоматизированными комплексами поиска информации и обработки информационных потоков и т.д. Принцип, лежащий в основе всех известных процедур распознавания, довольно прост: множество признаков, характеризующих исследуемый объект, сопоставляется с набором признаков, содержащихся в заранее сформированной базе. По результатам сравнения выносится суждение о возможности отнесения объекта к какой-либо из существующих категорий или указывается категория, к которой объект наиболее близок по свойствам в рамках принятой метрики. Если же большинство характеристик не имеет аналогов в базе сравнения, объект признается неидентифицированным и становится ядром новой, ранее не существовавшей, категории, если же есть основания полагать, что результаты наблюдений сомнительны или недостоверны, объект не подлежит классификации.

Однако, несмотря на простоту идеи распознавания, процесс ее реализации может оказаться весьма затруднительным. Прежде

всего заметим, что при значительном объеме базы сравнений и большом числе квалифицирующих признаков у исследуемого объекта процедура распознавания, выполняемая в виде попарного сравнения каждого признака со всеми элементами базы, крайне непродуктивна ввиду значительной трудоемкости, так как по сути сводится к полному перебору всех возможных пар.

Еще одним серьезным препятствием на пути решения задачи распознавания образов является отсутствие общепринятых формализованных правил категорирования объектов и динамическая нестабильность сформированных категорий. Действительно, структура категорий или классов определяется прежде всего целями и задачами исследований, которые могут быть существенно различны. Точно так же оказываются различными, а подчас несопоставимыми опыт и интуиция исследователей, определяющих состав классов и уровень их подготовки в предметной области. Кроме того, изменение с течением времени наполнения базы сравнений и появление новых признаков у объектов, подлежащих распознаванию, будет, несомненно, изменять конфигурацию категорий, возможно вплоть до их полного переформатирования.

Перечисленные обстоятельства и сделанные замечания позволяют утверждать что, задача распознавания образов, представляет собой сложную динамическую задачу, ряд этапов решения которой на современном уровне научных представлений не может быть строго обоснован. Усилия ученых, занимающихся исследованием этой задачи, в основном сосредоточены на разработке алгоритмов, позволяющих ускорить процесс поиска решения за счет систематизации процедуры сравнений. В частности, известны работы [1–3], в которых показана возможность ускорения распознавания путем вычисления оценок условных вероятностей принадлежности объекта определенному классу, при условии, что он обладает некоторым набором признаков (так называемый Байесовский подход). Интересным представляется также опыт использования комбинаторных методов [4]. В данной работе для решения задачи распознавания предлагается алгоритм на базе аппарата кластерного анализа. В отличие от известных [5–8], этот алгоритм позволяет учитывать динамические изменения базы сравнений и потока распознаваемых образов и использовать их в ходе дальнейших исследований.

Кластером (cluster) в традиционном понимании, которое принято в настоящей статье, называется совокупность объектов (образов) $\{x_i\}$, удовлетворяющих требованию $\|x_i - x_j\| < d$, где символ $\|.\|$ имеет смысл меры близости между объектами; d – заранее определенное граничное значение в соответствии с выбранной мерой. В данном исследовании, как и в значительном большинстве подобных работ, в качестве меры близости использована эвклидова метрика $\|x_i - x_j\| = \sqrt{\sum_{k=1}^{n}\left(x_{ik}^{\ 2} - x_{ij}^{\ 2}\right)}$, где n – размерность пространства признаков, характеризующих распознаваемый объект.

Применение кластерного анализа как инструмента для решения задачи распознавания образов будет тем более успешным, чем выше тенденция математических образов исследуемых объектов, как точек n-мерного пространства, к группировке около некоторых центров. Вместе с тем, как отмечалось выше, было бы нереалистичным ожидать сохранения неизменным положения этих центров с течением времени. Отсюда следует, кластеры в алгоритмах распознавания образов должны рассматриваться как подвижные динамические структуры.

Пусть имеется некоторое множество объектов X с известными свойствами, образы которых могут быть заданы точками в пространстве R^n. В дальнейшем будем называть это множество обучающей выборкой. Разобьем ее на m непересекающихся подмножеств-кластеров $X_1, X_2, \ldots, X_m$, так, чтобы $X_1 \bigcup X_2 \bigcup \ldots \bigcup X_m = X$, а $X_i \bigcap X_j = \varnothing$. Для $\forall i \neq j$ эта операция, представляющая собой первый этап кластерного анализа, является крайне неопределенной и слабо формализованной. Геометрия, размеры кластера, численный состав входящих в него элементов, критерии сходства между ними – все эти характеристики определяются содержанием и особенностями конкретной задачи, и их выбор практически целиком зависит от чисто субъективных факторов: профессиональной квалификации и интуиции исследователя.

В данной работе мы остановили свой выбор на сферической форме кластеров. Сложность математического описания сферы, как геометрического тела, мало зависит от размерности пространства. И, поскольку число квалифицирующих признаков в задаче распознавания образов может быть достаточно большим, задание кластеров в форме сфероидов обеспечит простоту представления и интерпретации результатов.

Для построения кластерных сфероидов необходимо все классифицирующие признаки привести к единым безразмерным единицам. С этой целью, путем анализа априорной информации и материалов обу-

чающей выборки, установим точную верхнюю x_{jsup} и точную нижнюю x_{jinf} грани по каждому из n признаков в проводимом исследовании и выполним переход к безразмерным переменным $y_j, j=\overline{1,n}$ по формуле

$$y_j = M\frac{x_i - x_{jinf}}{x_{jsup} - x_{jinf}}, \qquad (1)$$

где M – масштабирующий множитель, выбираемый из соображений удобства представления данных. Заметим, x_{jsup} и x_{jinf} не обязательно должны совпадать с наибольшим и наименьшим значением классифицирующих признаков элементов исходной обучающей выборки.

На множестве элементов $\{y_j\}$ модифицированной обучающей выборки Y выделяем подмножество образов, образующих более или менее тесную группировку, и строим первый кластерный сфероид $B^1(r)$ с центром в точке e^1_0, которая расположена в непосредственной близости от геометрического центра группировки. (Причины отсутствия необходимости указаний точного положения геометрического центра группировки будут подробнее изложены ниже.) Точку e^1_0 назовем начальной базовой точкой; верхний индекс указывает номер кластера, а нижний индекс – номер точки.

Радиус сфероида r определяется сообразно целям исследования и особенностям группировки элементов обучающей выборки. Формализованные рекомендации по его выбору до настоящего времени не разработаны. Таким образом, в состав кластера $B^1\left(r, e^1_0\right)$ входят элементы модифицированной обучающей выборки Y, удовлетворяющие условию $\left\|e^1_0 - y\right\|_i \le r$.

Положение полученного кластера можно и нужно уточнить, поскольку геометрический центр области, занимаемый исследуемым подмножеством обучающей выборки, как правило, не совпадает с центром тяжести группировки. С этой целью находится центр тяжести совокупности элементов, находящихся в границах сфероида $B^1\left(r, e^1_0\right)$, по формуле

$$e^1_1 = \frac{1}{\left|B^1\left(r, e^1_0\right)\right|}\sum_{y\in B^1\left(r, e^1_0\right)} y_i, \qquad (2)$$

где $\left|B^1\left(r, e^1_0\right)\right|$ – мощность подмножества элементов в составе сфероида $B^1\left(r, e^1_0\right)$.

Точка e^1_1 будет первой базовой точкой и геометрическим центром сфероида $B^1\left(r, e^1_1\right)$. В результате этих действий в $B^1\left(r, e^1_1\right)$ появляются элементы, которых не было $B^1\left(r, e^1_0\right)$, а часть элементов, входивших в состав $B^1\left(r, e^1_0\right)$, будет потеряна. Очевидно, что и в сфероиде $B^1\left(r, e^1_1\right)$ геометрический центр не будет совпадать с центром тяжести, поэтому в том же порядке находим координаты второй базовой точки e^1_2, являющейся геометрическим центром сфероида $B^1\left(r, e^1_2\right)$ и т.д. Последовательность точек $\{e^1_h\}$ сходится, как ограниченная последовательность определенная на компакте, а значит, за конечное число шагов достигается выполнение условия $\left\|e^1_h - e^1_{h-1}\right\| < \varepsilon$, где ε – любое заданное наперед положительное число, определяющее желаемую точность итерационной процедуры. Именно по этой причине положение начальной базовой точки e^1_0 принципиального значения не имеет.

В ходе практической реализации описанного алгоритма может выясниться, что радиус сферической оболочки кластера выбран неудачно и часть элементов группировки в состав кластера $B^1\left(r, e^1_h\right)$ не вошло и это явно противоречит содержательному смыслу задачи. В этом случае следует увеличить размеры сфероида $B^1\left(r, e^1_h\right)$ так, чтобы самый удаленный от базовой точки e^1_h объект, из тех, что должны стать элементами кластера, попал на границу нового расширенного сфероида. Обозначим множество объектов модифицированной обучающей выборки, которые необходимо дополнительно внедрить в кластер B^1, через $\left\{\hat{y}_j\right\}$, и найдем величину

$$R = \max_{\{\hat{y}_j\}}\left\|e^1_h - \hat{y}_j\right\|, \qquad (3)$$

которая и будет определять радиус искомого кластерного сфероида $B^1\left(r, e^1_h\right)$ с центром в базовой точке e^1_h. Приращение радиуса при этом составит $\Delta r = R - r$.

Естественно, что после изменения радиуса и добавления в его состав новых элементов, центр тяжести кластера сместится относительно геометрического центра точки e^1_h. Это смещение легко устраняется с помощью описанной выше итеративной процедуры. Это явление будет иметь место и тогда, когда формирование кластера на базе исходной обучающей выборки завершится и система начнет работать в режиме распознавания образов, обрабатывая поток объектов, поступающих на ее вход. Поэтому, если систему предполагается использовать как динамическую самообучающуюся структуру, необходимо осуществлять коррекцию положения и размеров кластерных сфероидов постоянно в течение всего периода эксплуатации. Заметим, однако, что по мере наполнения кластеров, смещение цен-

тра тяжести при поступлении новых объектов становится все менее и менее значительным. И в тех случаях, когда оно не выходит за границы ε-окрестности, корректирующее воздействие перестает быть обязательным.

Классическая постановка задачи кластерного анализа предусматривает продолжение процесса построения новых кластеров вплоть до полного исчерпания элементов исходной обучающей выборки. Однако на практике это не всегда осуществимо, поскольку в исходной базе объектов могут найти такие, образы которых не могут быть отнесены ни к одному из сформированных кластеров. Как правило, это объекты, часть признаков которых лежат в непосредственной близости от точек верхних или нижних граней множества X по соответствующим координатам. Эти объекты остаются внекластерными, но, как отмечалось выше, при определенных обстоятельствах могут стать центрами новых кластерных образований.

Особо следует обратить внимание на недопустимость наличия общих элементов у различных кластеров. Если же в ходе кластеризации обнаружится факт пересечения хотя бы пары кластеров, то это является неоспоримым свидетельством слабо выраженной тенденции группировки в обучающей выборке и неэффективности аппарата кластерного анализа применительно к данному множеству.

Рассмотрим действие описанного алгоритма на примере достаточно представительной обучающей выборки, элементами которой являются города Российской Федерации. В качестве их характеризующих признаков выберем численный состав населения этих городов, x, и территорию ими занимаемую, S. Фрагмент этой выборки представлен в табл. 1.

Для реализации алгоритма необходимо установить положение точных нижних и точных верхних граней по каждому признаку. Для признака x – население в качестве точной нижней грани целесообразно принять $x_{jinf} = 10000$, поскольку поселения, число жителей в которых не превосходит 10000, не имеют в Российской Федерации статуса города.

В качестве точной верхней границы следует, по нашему мнению, $x_{jsub} = 5000000$, так как городов с населением более 5000000 человек в Российской Федерации только 2 и они имеют особый правовой статус, структуру и систему управления.

Таблица 1

Список городов России с территорией и населением

№ п/п	Город	Население, чел.	Площадь, км^2
1	Новосибирск	1 602 915	506,67
2	Уфа	1 115 560	707
3	Орск	230 414	621,33
4	Казань	1 231 878	614,16
5	Волжский	326 055	229,12
6	Омск	1 178 391	566,9
7	Самара	1 169 719	541,382
8	Ростов-на-Дону	1 125 299	348,5
..	…	…	…
137	Дербент	123 162	69,63

Таблица 2

Множество элементов обучающей выборки, приведенных к безразмерным переменным

№ п/п	Город	y	V
1	Новосибирск	41,9	46,1
2	Уфа	32,1	60,4
3	Орск	14,4	54,3
4	Казань	34,4	53,8
5	Волжский	16,3	26,3
6	Омск	33,4	50,4
7	Самара	33,2	48,6
8	Ростов-на-Дону	32,3	34,8
..	…	…	…
137	Дербент	12,2	14,9

Пример

Что касается площади, то по аналогичным соображениям в качестве точной нижней грани S_{jinf} следует принять 1 км^2, а в качестве точной верхней грани S_{jsup} величину равную 1400 км^2, поскольку город Санкт-Петербург, население которого составляет 5,2 млн человек, имеет в настоящее время именно такую площадь. Используя формулу (1), приведем значения признаков x и S к безразмерным переменным y и V. В табл. 2 представлен фрагмент обучающей выборки, элементы которой пересчитаны по формуле (1).

На рис. 1 множество элементов обучающей выборки, приведенных к безразмерным переменным, представлено точками плоскости в координатах $y - V$ с масштабирующим множителем $M = 100$. $\varepsilon = 0{,}5$, где ε – наперед заданное положительное число, определяющее желаемую точность итерационной процедуры.

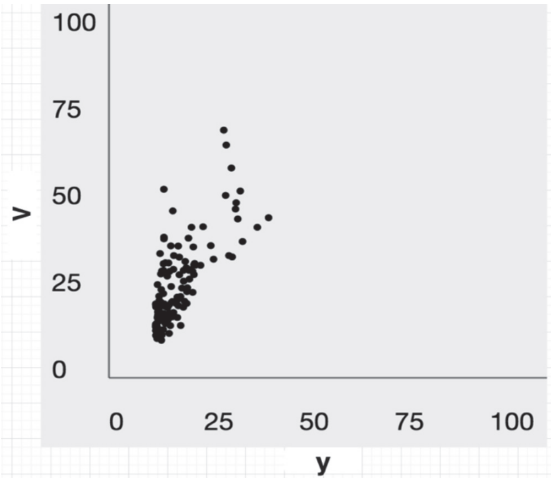


Рис. 1. Множество элементов обучающей выборки в безразмерных координатах

Таблица 3

Начальные границы кластеров, заданные пользователем

№ кластера	Границы населения [x_{jinf}, x_{jsup}]	Границы площади [S_{jinf}, S_{jsup}]
1	[10000, 500000]	[1, 150]
2	[500001, 1000000]	[151, 700]
3	[1000001, 1700000]	[701, 1000]
№ кластера	Центр кластера [население, площадь]	Радиус r
1	[254999, 75,5]	7,2
2	[750000, 425,5]	20,2
3	[1350000, 850,5]	12,7

Таблица 4

Этапы преобразованных кластеров

№ п/п	Центр кластера [население, площадь]	Радиус r
1		
1	[220698, 102,5]	7,2
2	[227734, 108,1]	7,2
2		
1	[567468, 334,4]	10,2
2	[461127, 316,1]	8,2
3	[442760, 305,5]	7,2
4	[439437, 301,9]	8,2
5	[443997, 293,5]	6,2
3		
1	[1059716, 788,7]	29,7
2	[978274, 557,8]	13,7
3	[1024047, 514,5]	11,7
4	[1073611, 485,8]	10,7
5	[1117677, 480,0]	11,7
6	[1117677, 480,0]	10,7

Для начала процедуры кластеризации было принято решение сформировать три исходных кластера, границы которых и положения их геометрических центров представлены в табл. 3. Предложенное разделение весьма условно и служит только для того, чтобы зафиксировать начальное положение для запуска изложенного выше алгоритма динамической кластеризации. Процесс эволюции кластерных сфероидов, как результат действия этого алгоритма, можно проследить по материалам табл. 4. Из данных этой таблицы видно, что для определения окончательного первого кластера оказалось достаточно двух итераций, при этом радиус кластерного сфероида сохранил свое первоначальное значение. Это вполне ожидаемый факт, который объясняется тем, что группировка объектов выборки в области первого кластера (условно малых городов) выражена наиболее отчетливо (см. также рис. 1).

Процесс преобразования второго и третьего кластеров потребовал 5–6 итераций соответственно и сопровождался более значительными изменениями, поскольку они затронули не только положение центров кластерных сфероидов, но и величины их радиусов. Особенно заметно это проявляется для второго кластера, где радиус, по сравнению с исходным, изменился более чем в 3 раза, что было вызвано необходимостью устранения возможности пересечения кластеров. Заметим также, что изменение положения центров кластерных образований устойчиво направлено в сторону меньших значений характеризующих признаков, т.е. в область более выраженной плотности группировки.

Промежуточные этапы и конечный результат расчетов, выполненных в соответствии с разработанным алгоритмом, подробно проиллюстрирован на рис. 2. В левой части рисунка представлена вся последовательность преобразований кластерных сфероидов. Пунктирными окружностями изображены границы промежуточных кластеров (см. также рис. 2), а сплошными – их конечная позиция, которую можно считать жестко зафиксированной для выбранного показателя точности вычислений ε и заданного объема обучающей выборки.

Материалы табл. 4 и рис. 2 дают основание указать важное свойство алгоритма динамической кластеризации, а именно его самоорганизуемость. Действительно, нельзя не обратить внимание на то, что размеры радиуса второго кластера (городов с условно средним числом жителей) существенно уменьшились, а положение центра сместилось в сторону меньших значений по сравнению с исходным. В то же время границы кластера крупных городов стали охватывать часть городов, которые формально не относятся к числу мегаполисов. Это свидетельствует о том, что, во-первых, размеры кластерных сфероидов не следует устанавливать, ориентируясь на «круглые» числа, а во-вторых, в рамках обучающей выборки с данными характеризующими признаками (население, площадь) города с числом жителей 800–900 тыс. человек ближе по своей структуре к мегаполисам, нежели к городам с населением 500 тыс. человек.

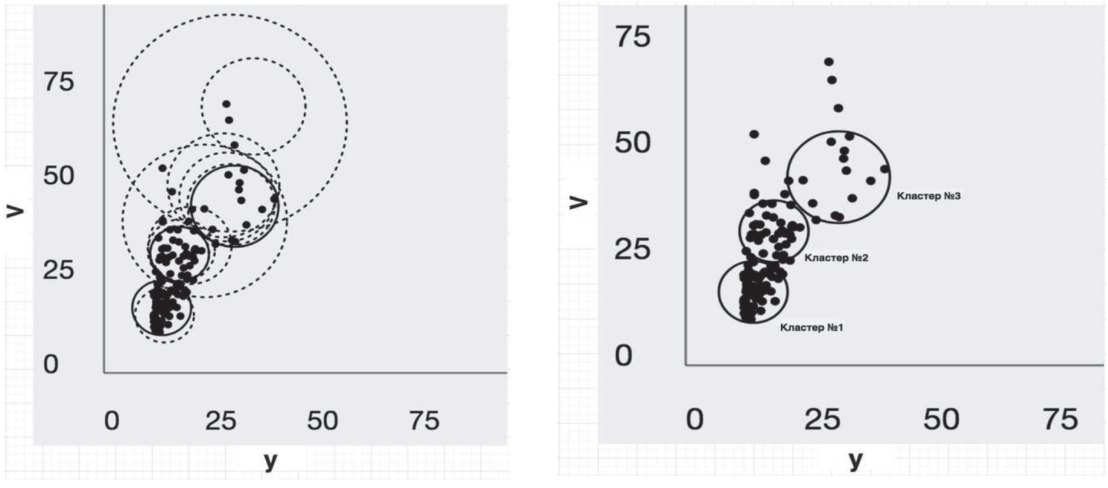


Рис. 2. Этапы и конечный результат расчетов, выполненных в соответствии с разработанным алгоритмом

Таблица 5

Список городов с определенными номерами кластеров

№ п/п	Город	Население, чел.	Площадь, км^2	№ кластер
1	Новосибирск	1 602 915	506,67	3
2	Уфа	1 115 560	707	4
3	Орск	230 414	621,33	5
4	Казань	1 231 878	614,16	3
5	Волжский	326 055	229,12	2
6	Омск	1 178 391	566,9	3
7	Самара	1 169 719	541,382	3
8	Ростов-на-Дону	1 125 299	348,5	3
..	…	…	…	
137	Дербент	123 162	69,63	1

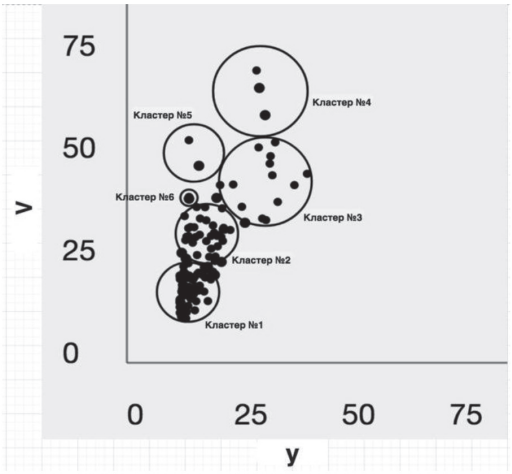


Рис. 3. Этапы и повторный результат расчетов, выполненных в соответствии с разработанным алгоритмом

Из рассмотрения правой части рис. 2 видно, что несколько объектов сформированных кластеров и возможность их внедрения в один из созданных кластеров путем увеличения радиуса отсутствует. Для этих элементов обучающей выборки алгоритм запускается повторно, результатом чего становится появление трех новых кластерных образований (рис. 3), число элементов в которых значительно меньше, чем в первых трех кластерах. Это не снижает ценность полученных результатов и не дискредитирует разработанный алгоритм, поскольку по мере пополнения обучающей выборки и естественных изменений входящих в нее объектов структура кластерного сообщества должна и будет меняться, что и составляет главный содержательный смысл идеи динамической кластеризации. В табл. 5 приведен результат реализации разработанного алгоритма динамической кластеризации в данном примере (список городов с определенными номерами кластеров).

Выводы

1. Для решения задачи распознавания образов разработана математическая модель самоорганизующейся системы кластеров.

2. Показано, что кластеры являются динамическими образованиями, изменяющимися под воздействием потока распознаваемых образов.

3. Разработан и апробирован алгоритм динамической кластеризации, действующий на заданном множестве характеризующих признаков определенной предметной области.

4. Для практической реализации алгоритма разработан специализированный программный комплекс.

5. Заложены основы эволюционного формирования кластерной модели, позволяющей использовать ее для решения задач эффективного управления.

Список литературы

1. Аль-Хашеди А.А. Разработка математической модели распознавания запросов-задач коммуникационных услуг / А.А. Аль-Хашеди, А.А. Обади, Н.К. Нуриев, Е.А. Печеный // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 6. – С. 9–14.

2. Обади А.А. Проектирование математической модели и модуля распознавания образов для смарт-обучающей системы / А.А. Обади, А.А. Аль-Хашеди, Н.К. Нуриев, Е.А. Печеный // Вестник Казан. технол. ун-та. – 2017. – № 8. – С. 95–100.

3. Аль-Хашеди А.А. Разработка математического и программного обеспечения задач распознавания образов на основе персептрона / А.А. Аль-Хашеди, А.А. Обади, Н.К. Нуриев // Вестник Казань. технол. ун-та. – 2017. – № 11. – С. 85–89.

4. Баранов В.И. Экстремальные комбинаторные задачи и их приложения / В.И. Баранов, Б.С. Стечкин. – 2-е изд., исправ. и доп. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2004. – 240 с.

5. Ершов К.С. Анализ и классификация алгоритмов кластеризации / К.С. Ершов, Т.Н. Романова. // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2016. – № 19. – С. 274–279.

6. Rao V.S. Comparative Investigations and Performance Analysis of FCM and MFPCM Algorithms on Iris data / V.S. Rao, Dr. S. Vidyavathi // Indian Journal of Computer Science and Engineering. – 2010. – vol. 1, № 2. – P. 145–151.

7. Griffin G. Learning and using taxonomies for fast visual categorization / G. Griffin, P. Perona // Proc. of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). – 2008. – P. 1–8.

8. Ilango M. A survey of grid based clustring algorithms / M. Ilango, V. Mohan // Intern. J. Of Eng. Sci. And Technjlgy. – 2010. – Vol. 2(8). – P. 3441–3446.

УДК 666.94:54.052

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВА РЕДКИХ БЕЛЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ В ПОРАХ ЗОЛЬ-СОДЕРЖАЩЕГО ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

[1]Потапов В.В., [2]Ефименко Ю.В., [3]Карабцов А.А., [1]Горев Д.С.

[1]ФГБУН Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: vadim_p@inbox.ru;

[2]Филиал «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-кострукторский и технологический институт по строительству, Владивосток;

[3]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток

Выполнены эксперименты по модифицированию цементного камня (цемент – вода) наночастицами SiO_2. Наночастицы SiO_2 вводили в цементное тесто в составе золя кремнезема, полученного по разработанной технологии на основе гидротермального раствора. Массовая доля SiO_2 составляла 1,15% относительно расхода цемента, доза суперпластификатора 1,4%, водоцементное отношение 0,26. Установлены пределы повышения прочности при сжатии модифицированного цементного камня. На срезах сечения образцов модифицированного цементного камня обнаружены выраженные поровые включения белого цвета. Методами рентгенофазового и микрозондового анализов изучен вещественный и минерально-фазовый состав включений. Белое вещество в поре представлено в основном кальциевыми соединениями в виде сросшихся и одиночных пластин и крупных призматических образований. Сделан вывод, что включения являются продуктом активного взаимодействия наночастиц SiO_2 с портландитом $Ca(OH)_2$. Основной элементный состав белого вещества в поре: Ca, Si, Al, C и O. Состав характеризует наличие гидросиликатов, портландита и алюминатов кальция. Вероятно, это сгруппированные монокристаллы, сросшиеся в процессе гидратации, которые в электронном аналитическом пучке зонда дают смесевую картину. Результаты исследований важны с точки зрения механизма влияния наночастиц на характеристики модифицированного бетона.

Ключевые слова: наночастицы SiO_2, цементный камень, портландит, рентгенофазовый и микрозондовый анализы

RESEARCH OF RARE WHITE INCLUSIONS COMPOSITION IN PORES OF CEMENT STONE WITH ADDITION OF SOL

[1]Potapov V.V., [2]Efimenko Yu.V., [3]Karabtsov A.A., [1]Gorev D.S.

[1]Research Geotechnological Center FEBRAS Petropavlovsk-Kamchatskiy, e-mail: vadim_p@inbox.ru;

[2]Far Eastern Research Institute of Construction, Vladivostok;

[3]Far Eastern Geological Institute FEBRAS, Vladivostok

Experiments on modification of cement stone (cement-water) by SiO_2 nanoparticles were carried out. SiO_2 nanoparticles were introduced in cement paste by addition of sol obtaining from hydrothermal solution by developed technological regime. Dose of SiO_2 was 1.15 mas.% relatively cement expenduture, dose of superplistisizer was 1.14 mas.%, water cement relation was 0.26. Limits of rising compressive strength of modified cement stone were determined. On the cuts of section of modified cement stone samples expressed pores inclusions of white colour were found. By methods of X-Ray and microprobe analyses mater and minerals composition of inclusions were studied. White substance in pores is mainly of calcium combinations of plates grow together or in separate disposition and large prismatic formations. Conclision was made that inclusions are the product of active interaction of SiO_2 with portlandit $Ca(OH)_2$. Basic element composition of white substance in pores: Ca, Si, Al, C and O. Composition of white substance includes presence such minerals as hydrosilicates, portlandit and calcium aluminate. Probably these are monocristals grouping grow together in hydration process which show mixed picture in electron analysed beam. Results of researchings are important from the point of view of mechanism of nanoparticles influence on characterestics of modified concrete.

Keywords: nanoparticles SiO_2, cement stone, portlandit, X-Ray and microprobe analyses

Наночастицы SiO_2, обладающие большой удельной поверхностью (до 1000 м^2/г), отличаются высокой химической активностью [1]. Они могут действовать как центры, ускоряющие реакции гидратации, а также как нанонаполнители, повышая плотность бетона и уменьшая пористость [2–3]. Аморфная структура SiO_2 предопределяет его быстрое взаимодействие с $Ca(OH)_2$ в результате пуццолановой реакции ($SiO_2 + CaO + H_2O \rightarrow CaO \cdot SiO_2 \cdot H_2O$) с образованием гидросиликатов кальция (ГСК) коллоидно-гелевой дисперсности [4]. В результате этих процессов образуется субмикрогелевая гидросиликатная взвесь, вязкость которой обеспечивает безседиментационное размещение реагирующих частиц SiO_2 и цемента в порах Цм и на границе с заполнителем [5]. Частицы CSF имеют химическое сродство с поровой жидкостью Ц ($Ca(OH)_2$, KOH, NaO), обладают высокой способностью к хемосорбции CaO и выполняют роль силикатных центров зародышеобразования возникающих на их поверхности гидросиликатов [6].

Целью данной работы было выяснение механизма взаимодействия наночастиц SiO_2 гидротермального золя с портландитом в составе цементного камня.

Измеренная термогравиметрическим методом хемосорбционная активность золя «Геосил», полученного на основе гидротермального сепарата ГеоЭС, по связыванию CaO в цементно-золевых пастах с В/Ц = 0,30–0,34 показала его высокие значения δCaO от 500 до 2000 [мг CaO / г SiO_2]. Но при этом отмечены существенные колебания частных значений δCaO при разных дозировках SiO_2, хотя в целом тренд динамики в период до 28 суток соответствовал прогнозной реакции. Такие колебания δCaO мы связываем с вероятной неоднородностью распределения малых количеств высокоактивных частиц SiO_2 по объему образцов и затрудненностью в назначении аналитических интервалов для расчетов $Ca(OH)_2$ по ДТГА.

В качестве суперпластификатора СП был использован эффективный поликарбоксилат (ПКК) SVC-5 Neu. В результате применения этого ПКК при работе на образцах ЦПР с В/Ц 0,45–0,50 были получены обнадеживающие показатели эффективности золя по прочности при сжатии и изгибе (ΔR/R до 20 %) в период 2 суток. При работе на высокоподвижных бетонах с ОК = 12–19 см значения критериев эффективности добавки (золь «Геосил» + ПКК) существенно (в 1,7–3 раза) превзошли требуемые по ГОСТ 24211-2008 значения.

Навески для замесов: цемент – 100 г, (золь + вода + поликарбоксилат (ПКК)) – 26–29 г. Дозировки золя по $SiO_2^{ам}$ составляли от 1,15 % до 1,74 % от массы цемента.

Начальную температуру цемента, воды, золя + ПКК обеспечивали на уровне 20 ± 0,5 °С, а помещение в течение первых 70 часов кондиционировали круглосуточно при установившейся температуре 19–21 °С.

При изготовлении вручную цементно-золевой пасты (фарфоровая чашка диаметром 150 мм, стальная чайная ложка) в течение первых 2–3 минут образовывалась густая полусухая глиноподобная трудноперетираемая масса. Но после продолжения интенсивного перемешивания спустя 2–4 минуты тесто скачкообразно разжижалось до консистенции сметаны. У бездобавочного цементного теста этого явления загустевания не наблюдалось.

Перемешанное тесто формовали в один прием в полиэтиленовую крышку (диаметром 90 мм, высотой 10 мм) с последующим 10–15 разовым постукиванием и заглаживанием увлажненной стальной линейкой и помещали в затемненный эксикатор над водой. Форму с тестом с большим В/Ц = 0,39 через 0,5–1 час накрывали предметным стеклом, переворачивали вверх дном, а через 4–5 часов снимали стекло и форму возвращали вниз дном в эксикатор, в возрасте 16–24 часа после хранения над водой в эксикаторе образцы разопалубливали и размещали в мелкоячеистой полиэтиленовой сетке в среде твердения по ГОСТ (в воде с кусочками цементного камня 3·5 мм, над водой).

Верхняя поверхность цементно-золевых образцов была чуть шероховата, а нижняя – обычная, гладкая.

При перемешивании по регламенту ГОСТ цементно-золевого теста (В/Ц = 0,28, $SiO_2^{ам}$ = 2 %, добавка ПКК) в стандартном смесителе образовывалась такая же вязкосухая неперемешиваемая масса, консистенция которой после получасовой выдержки под мокрой тканью и последующего «ручного» перетирания в круглодонной чашке стала пластичной.

На этом промежуточном этапе (перед перетиранием) на поверхности густой цементно-золевой пасты с повышенным содержанием $SiO_2^{ам}$ = 2 % отмечены рассеянные редкие белесоватые вкрапления, тактильно ощущаемые как «мелкие песчинки» в цементном тесте.

На сколах испытанных образцов бетона с $SiO_2^{ам}$ = 2 % наличие белых вкраплений в цементно-песчаной составляющей бетона это явление не отмечали в явной форме вследствие визуально маскирующего влияния мелкой фракции кварцполевошпатового песка или из-за абразивного истирающего действия песка и щебня на флокулы $SiO_2^{ам}$ при перемешивании бетонной смеси.

Таким образом, найденная очень высокая вязкость цементно-золевого песка на начальной стадии перемешивания (до 3–4 мин), исчезающая при дополнительном более интенсивном перетирании, обусловлена повышенными хемосорбционными свойствами $SiO_2^{ам}$ в составе золя.

Полученные образцы исследовались методами рентгеновской дифракции и микрозондового анализов. Использовались следующие приборы: дифрактометр рентгеновский общего назначения ДРОН-3 с монохроматизированным медным излучением; минидифрактометр MiniFlex, Rigaku, Япония, излучение медное, монохроматизированное; микрозонд с электронным возбуждением JXA-8100, JEOL, Япония с четырьмя волновыми спектрометрами, дооборудованный энергодисперсионным спектрометром INCA-350, Oxford, Великобритания.

В процессе исследования получены порошковые рентгенограммы, карты распре-

деления элементов по поверхности образца, профили изменения интенсивности аналитических линий анализируемых элементов по линии выбранной на поверхности образца, химические анализы, полученные в точке (анализируется объем 2–5 микрон диаметром) и полученные при сканировании электронным лучом по выбранной площади образца.

Интерпретация порошковых рентгенограмм, полученных на ДРОН-3, проводилась с помощью программного комплекса PD Win, содержащего информацию о более чем полутора миллионах эталонных соединений, рентгенограммы, полученные на минидифрактометре MiniFlex, интерпретируются с помощью программного комплекса, поставляемого вместе с прибором.

Следует отметить, что из-за особенностей возбуждения характеристических рентгеновских линий этим методом определяются содержания анализируемых элементов, все остальные способы предоставления аналитической информации являются результатом математической обработки. Возможны следующие способы представления: способ 1 – все элементы измеряются, результат в весовых процентах; способ 2 – все элементы измеряются, результат в атомных процентах; способ 3 – измеряются все элементы, кроме кислорода, кислород рассчитывается по валентностям определенных элементов, результат представляется в окислах; способ 4 – кислород рассчитывается, представление определенных элементов, в том числе и кислорода в весовых процентах; способ 5 – кислород рассчитывается, представление результатов в атомных процентах.

Поскольку микрозонд представляет собой комбинацию электронного микроскопа со спектрометрами, то он предоставляет возможность получения электронномикроскопических снимков, выполненных в трех основных представлениях: 1 – режим SEI – изображение строится во вторичных электронах. В этом случае картина отображает чаще рельеф поверхности, чем состав её; 2 – режим COMPO – изображение строится в отраженных электронах. В этом случае картина отображает распределение областей различной плотности по поверхности образца. Чем больше средний атомный номер вещества, тем более ярким оно получается на экране; 3 – режим TOPO, отображающий рельеф поверхности, причем тени падают так, как будто солнце расположено в правом верхнем углу экрана. С помощью этого режима можно отличать впадины от выпуклых областей. С использованием волновых спектрометров возможна комбинация методов SEI, COMPO с распределением интенсивности характеристического излучения по отображаемой поверхности.

Исследование состава редких белых включений в порах золь-содержащего цементного камня (SiO_2 = 1,15%, ПКК = 1,4%, В/Ц = 0,26)

При изготовлении цементной пасты с золем (SiO_2 = 1,1%) и суперпластификатором ПКК (около 1,4% по жидкости), В/Ц = 0,26 было отмечено временное торможение процесса перемешивания (консистенция вязкой полусухой глиняной массы) – тиксотропия, устраняемое потряхиванием и интенсивным растиранием до «внезапного» разжижения и образования консистенции сметаны. На этапе перемешивания полусухой массы на её поверхности отмечалось наличие белесоватых «песчинок». А после укладки теста в полиэтиленовую крышку и при распалубке (через 16–20 час) зафиксирована шероховатость верхней поверхности в виде выступов плоской формы. При откалывании препаратов Цк Si для анализов на некоторых поверхностях отколов фиксировали наличие белых точек (включений) (рис. 1). Нижняя поверхность отформованных дисков Цк Si была обычной, гладкой. У бездобавочного цементного теста Цк б/д процесс перемешивания, укладки и качество поверхностей были обычными. На поверхности отколов препаратов Цк б/д белые точки также наблюдались, но в гораздо меньшем количестве. Было сделано предположение, что белые точки (включения) на сколах Цк Si представляют собой преобразованные частицы SiO_2, очень быстро реагирующие с $Ca(OH)_2$ в цементном тесте (с образованием гидросиликата CSH) и быстро «окаменевшие».

Вероятно также, что отмеченные визуально (и на ощупь) мелкие белесоватые «песчинки» на поверхности перемешиваемого цементно-золевого теста могут быть отнесены к частицам «окаменевшего» SiO_2ам в результате реакции $SiO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CSH$. Проверку этих версий ($SiO_2$ или CSH) выполняли с помощью микрозонда JXA-8100 (Jeol) с энергодисперсионным спектрометром INCA-350 (Oxford).

Согласно проведенным исследованиям, установлено, что белые включения (вкрапленник) в поре Цк Si 1,15 представлены преимущественно гидросиликатами ориентировочного состава – хондродит, $Ca(OH)_2$, то есть продуктами начала бурной реакции SiO_2 с $Ca(OH)_2$.

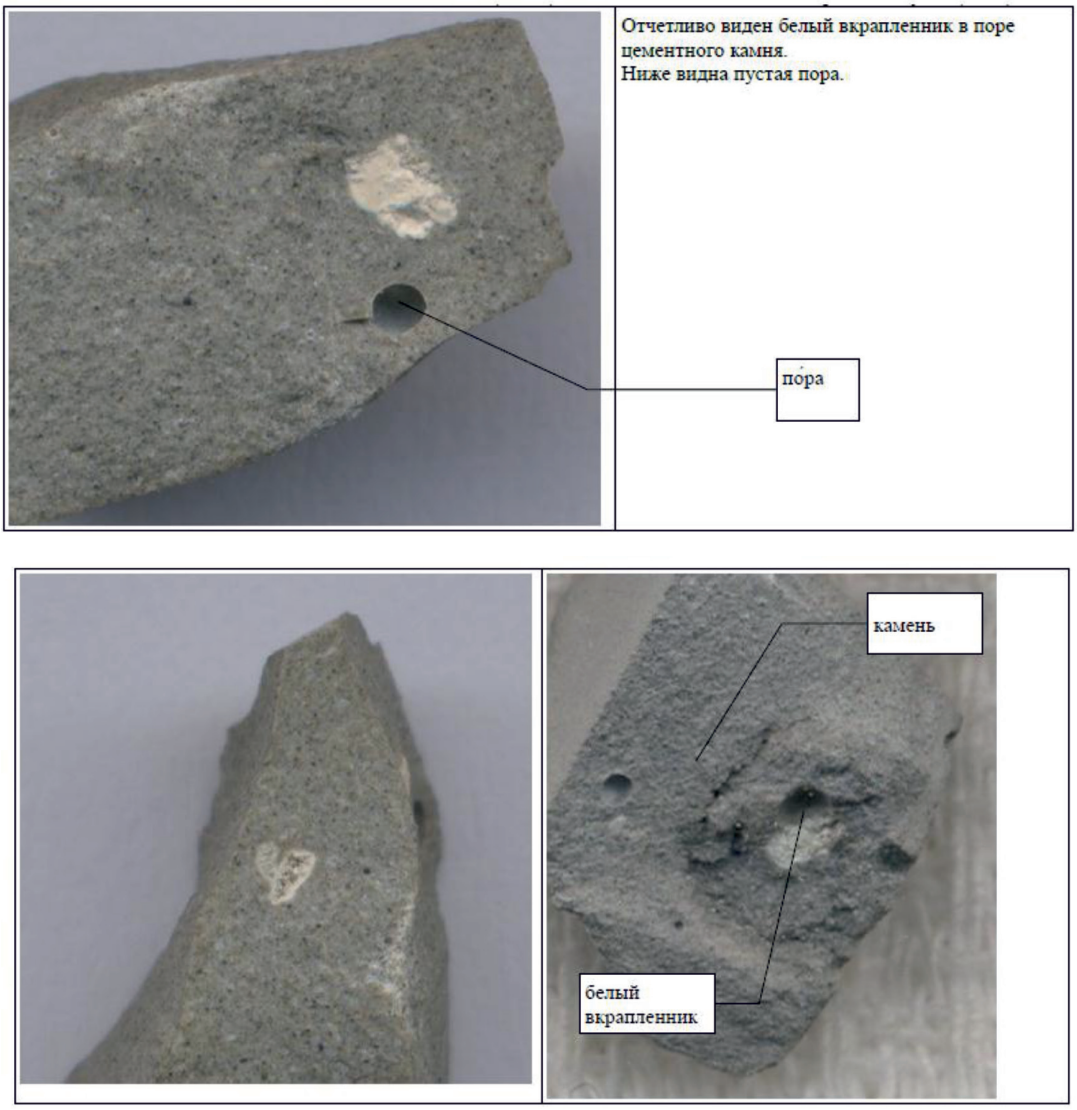
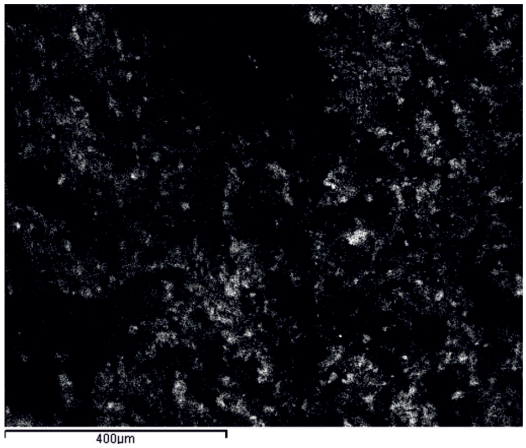
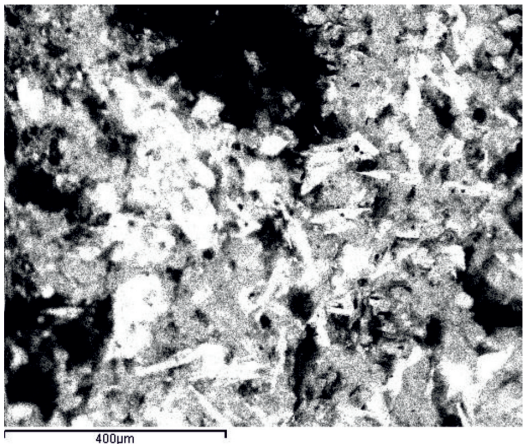


Рис. 1. Общий вид одного из сколов цементного камня (Denki) с добавкой золя-геосил, в возрасте 50 суток (увеличение в 5–7 раз)

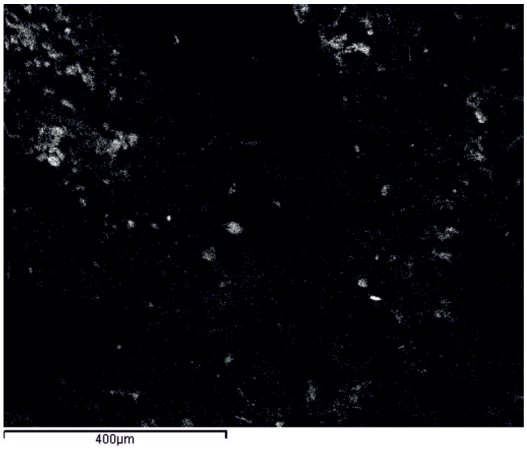
Из представленных данных на микрофотографиях видно, что элемент Ca повторяет карту интенсивности вплоть до редких торцов одиночных и сросшихся пластин. Элемент Al – в зонах вне геометрических фигур портландита. Элемент Si рассеян, практически отсутствует в зонах портландита, присутствует в небольшом количестве вне кристаллов $Ca(OH)_2$. Видна округлая частица на карте с ее четким обозначением в излучении Si, также продукт овально-ромбической формы, который представлен спектром Si и Ca. В целом можно резюмировать, что в поре по данным спектрального анализа: 1) много кальция, много кислорода; 2) мало алюминия; 3) скопления кремния повторяют распределения кальция, что указывает на присутствие образовавшихся гидросиликатов. По итогам анализов белого вещества в поре можно заключить: 1) белое вещество в поре представлено в основном кальциевыми соединениями в виде сросшихся и одиночных пластин и крупных призматических образований; 2) основной элементный состав белого вещества в поре: Ca, Si, Al, C и O. Состав характеризует наличие гидросиликатов, портландита и алюминатов кальция. Вероятно, это сгруппированные монокристаллы, сросшиеся в процессе гидратации, которые в электронном аналитическом пучке зонда дают смесевую картинку; 3) на карте (общий вид, спектры Ca, Si, O, кроме C) видно углубление, в котором находится некоторое количество кристаллитов. Плотность небольшая, а потому на картах распределения элементов это место выглядит темным.



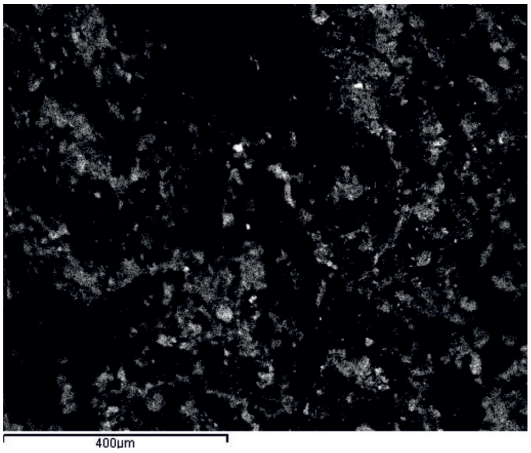
Элемент Al



Элемент Ca

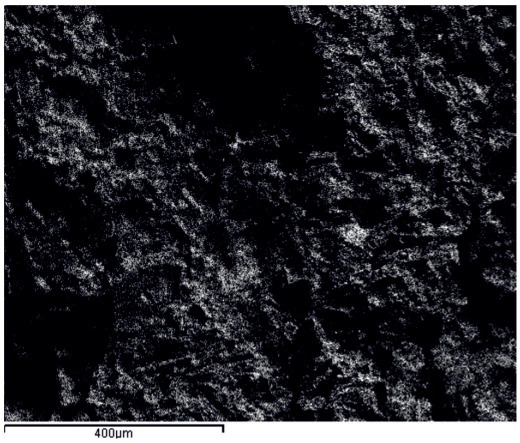


Элемент C



Элемент Si

Пора, общий вид



Элемент O

Рис. 2. Пора, общий вид, карта распределения элементов (Al, Ca, C, Si, O)

Таблица 1

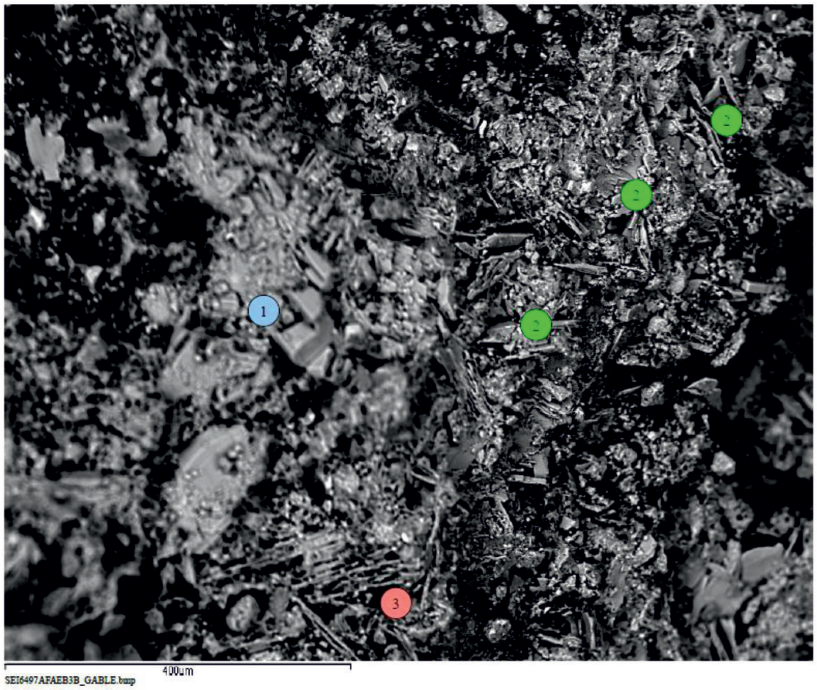
Результаты точечного микрозондового анализа участков цементного камня без добавки, (–) – концентрацию не определяли

Спектр	Статистика	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Sc	Ti	Fe	сумма	Соединения
Спектр 1	Да	–	1,82	1,36	25,37	–	–	0,22	70,65	–	–	0,58	100	CSH
Спектр 2	Да	–			1,12	–	–		98,88	–	–	–	100	CaO
Спектр 3	Да	–	1,43	3,92	6,71	1,99	–	0,61	84,29	–	–	1,05	100	$CH + SiO_2$
Спектр 4	Да	–	1,89	1,07	26	–	–	0,32	69,79	–	0,37	0,56	100	CSH
площадь×190	Да	0,46	3,22	4,45	20,57	3,31	0	0,85	64,19	0,36	0,27	2,2	99,88	–
Макс.	–	0,46	3,22	4,45	26	3,31	0	0,85	98,88	0,36	0,37	2,2	–	–
Мин.	–	0	0	0	1,12	0	0	0	64,19	0	0	0	–	–

Таблица 2

Результаты точечного микрозондового анализа участков цементного камня с добавкой (образец с добавкой (SiO_2 1,15%)), (–) – концентрацию не определяли

Спектр	Статистика	Na	Mg	Al	Si	S	Cl	K	Ca	Sc	Ti	Mn	Fe	Mo	Yb	сумма	Соединения
Спектр 1	Да	–	1,31	0,91	26,26		0	0,17	73,74	–	–	–	0,43	–		102,82	CSH
Спектр 2	Да	–	0,96	1,04	16,64	0,54	–	0,29	60,6	–	–	–	0,56	–	0,75	81,38	CSH
Спектр 3	Да	–	0,78	2,11	26,9	0,6	–	0,48	62,9	0,48	–	–	0,86	–	–	94,5	CSH
Спектр 4	Да	–	–	—	0,64		–		53,88	–	–	–		–	–	54,525	CaO
Спектр 5	Да	–	0,6	0,97	6,72	2,08	–	0,34	46,88	–	–	–	0,72	–	–	58,1	$CH + SiO_2$
Спектр 6	Да	–	80,27		0,5	–	–	–	1,21	–	–	0,32	1,19	–	–	83,49	–
Спектр 7	Да	–	0,39	0,35	1,47	0,61	–	–	66,74	–	–	–	–	–	–	689,57	CaO
Спектр 8	Да	–	–	0,7	12,69		–	0,32	59,35	–	–	–	–	0,51	–	73,57	CSH
Спектр 9	Да	–	–		1,17	0,44	–	–	68,25	–	–	–	–	–	–	69,86	–
Спектр 10	Да	–	1,86	0,93	24,98	–	–	–	72,57	–	–	–	0,54	–	0,98	101,86	CSH
Спектр 11	Да	–	0,77	0,64	14,59	–	–	–	58,41	–	–	–	0,42	–	–	74,84	CSH
площадь×190	Да	0,31	1,99	3,12	13,65	1,91	0	0,44	43,56	–	0,2	–	1,69	–	–	66,87	–
Макс.	–	0,31	8,27	3,12	26,9	2,08	0	0,48	73,74	0,48	0,2	0,32	1,69	0,51	0,98	–	–
Мин.	–	0	0	0	0,5	0	0	0	1,21	0	0	0	0	0	0	–	–



Из микрофотографии видно:
1. Четкие крупные призматические кристаллы, размером 30 на 35 мкм.
2. Одиночные пластины (и сросшиеся под углом) высотой h до 30-40 мкм и диаметром 1.5-2 мкм.
3. Сростки пластин в виде «гармошки».

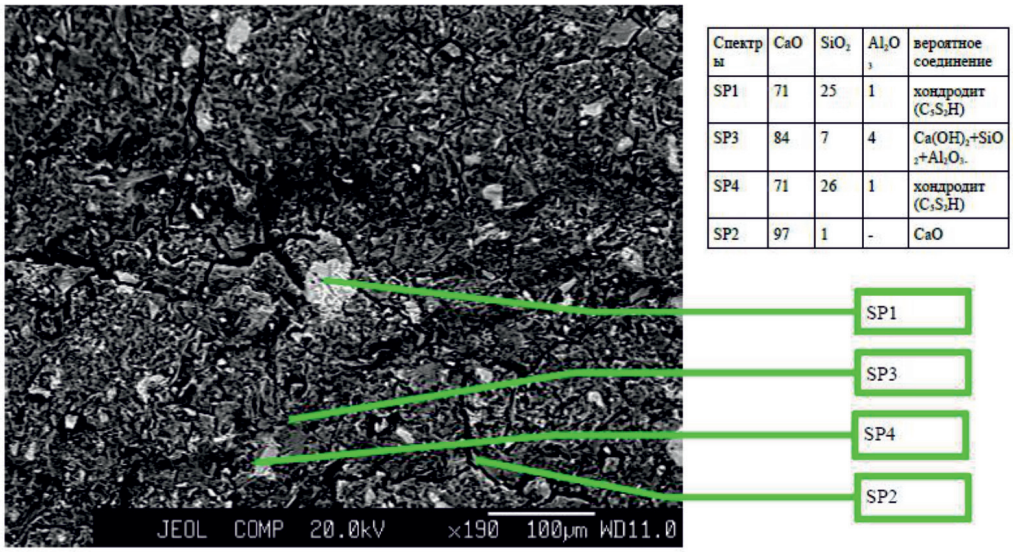
Рис. 3. Микрофотография поры в золь-содержащем цементном камне (SiO_2 = 1,14 %) (увеличен участок № 1 с призмами)

По описанию микрофотографий и энергодисперсионного анализа цементного камня PSR (Denki) (к рис. 4 а, б и табл. 1, 2) можно сделать следующие комментарии. Строение характеризуется мозаичной, неправильной зернистой структурой, с ветвистыми трещинами и белыми вкрапленниками. Белые вкрапленники: размер 5–15 мкм, до редких 30 мкм. Их содержание в золь-содержащем Цк примерно в 2 раза выше, чем в Цк без добавки. Общая площадь (пористость) белых вкрапленников составила 0,4–0,6 % для Цк б/д и около 1 % для Цк с добавкой SiO_2. Серые обломки неправильной формы отнесены к клинкеру, с диаметром до 10 мкм. Серые включения правильной формы отнесены к гидратам, размером до 5–10 мкм. Трещины ветвистые, в основном огибающие крупные участки и поры. У бездобавочного Цк эти трещины более широкие (размером до 10–12 мкм), по сравнению с трещинами в Цк SiO_2, размером до 5 мкм. В бездобавочном Цк видны редкие четкие призматические кристаллы размером до 12 мкм. Размер частиц Цк около 15–20 мкм. Химический состав участков цементных камней (табл. 1, 2). Белые, серые и тёмные частицы представлены в основном кальций-силикатными соединениями типа C_5S_2H, $Ca(OH)_2$ и редко встречающихся остатков $CaO_{своб}$. Для обоих образцов (Цкб/д и ЦкSi) усредненный химический состав сходен и соответствует составу исходного применённого цемента – CaO = 65 %, SiO_2 = 21 %.

Выводы

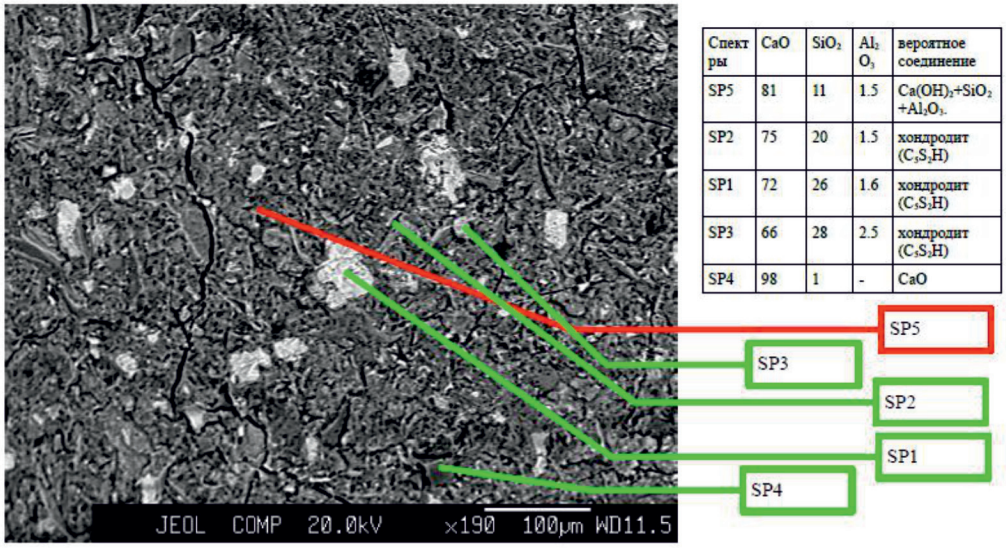
1. У образцов с добавкой SiO_2 количество белых включений больше в 2 раза, трещин меньше, их толщина меньше, то есть образцы Цк SiO_2 более трещиностойкие.

2. Вероятно, что в мелких порах концентрируются наночастицы $SiO_2^{ам}$ которые вызывают роль «нано»-затравки для реакции $Ca(OH)_2$ с $SiO_2^{ам}$. Вероятно образование гидросиликата хондродитового состава. Здесь возможно образования наноразмерных смесевых систем, которые в электронном микроскопе дают картину XCaO·YSiO$_2$·ZH$_2$O.



Спектры	CaO	SiO_2	Al_2O_3	вероятное соединение
SP1	71	25	1	хондродит (C_5S_2H)
SP3	84	7	4	$Ca(OH)_2$+SiO_2+Al_2O_3.
SP4	71	26	1	хондродит (C_5S_2H)
SP2	97	1	-	CaO

а)



Спектры	CaO	SiO_2	Al_2O_3	вероятное соединение
SP5	81	11	1.5	$Ca(OH)_2$+SiO_2+Al_2O_3.
SP2	75	20	1.5	хондродит (C_5S_2H)
SP1	72	26	1.6	хондродит (C_5S_2H)
SP3	66	28	2.5	хондродит (C_5S_2H)
SP4	98	1	-	CaO

б)

Рис. 4. а) Микрофотографии поверхности сколов цементных камней без добавки и с добавкой; б) Цементный камень PSR (Denki) – с добавкой (SiO_2 = 1,15%)

3. Наличие добавки SiO_2ам в Цк практически не изменяет состав гидратов в ЦкSi, что косвенно подтверждает по данным термогравиметрического анализа состав гидросиликатных фаз.

Список литературы

1. Суздалев И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов: изд. 2, испр. / И.П. Суздалев. – М.: Техносфера, 2009. – 592 с.

2. Потапов В.В., Грушевская Е.Н., Леонович С.Н. Модифицирование гидротермальным нанокремнеземом материалов на основе цемента // Строительные материалы. – 2017. – № 7. – С. 4–9.

3. 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.

4. Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества / И.В. Мелихов. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. – 309 с.

5. Кравцов А.В., Цыбакин С.В., Евсеева Т.М., Соболев К.Г., Потапов В.В. Литые бетоны с использованием отходов медеплавильного производства и нанокремнезема // Вестник МГСУ. – 2017. – Т. 12, № 9 (108). – С. 1010–1018.

6. Нанотехнологии. Азбука для всех / под ред. Ю.Д. Третьякова. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. – 368 с.

УДК 624.138.41

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОСТАВА ИНЪЕКЦИОННОГО РАСТВОРА ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ПО МАНЖЕТНОЙ ТЕХНОЛОГИИ

[1]Самохвалов М.А., [1]Ашихмин О.В., [2]Цернант А.А.

[1]ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: samohvalovma@tyuiu.ru, ashihminov@tyuiu.ru;

[2]АО «Научно-исследовательский институт транспортного строительства», Москва, e-mail: kiselev3452@gmail.com

Актуальной проблемой на сегодняшний день является определение рационального состава инъекционного раствора для повышения качества закрепления грунтов и усиления фундаментов зданий, подлежащих реновации, без ударных, вибрационных и механических воздействий. Одним из наиболее эффективных способов химического закрепления глинистого грунтового основания с высоким уровнем подземных вод является манжетная технология. В статье описан выбор раствора для инъекции по манжетной технологии для армирования и уплотнения глинистого грунтового массива. На основе выбора реагентов (цемент, бентонит, жидкое стекло (силикат натрия)) были приготовлены 24 образца растворов для проведения лабораторных испытаний. Исходя из требуемого значения растекаемости, было выделено 8 образцов для дальнейшего определения водоотделения. Выбор состава с минимальным значением водоотделения до 3% позволит сформировать в грунтовом массиве гидроразрывы, полностью заполненные раствором (без пустот и полостей). Испытания восьми образцов цилиндрической формы на гидравлическом прессе ПГМ-500МГ4 позволили определить образцы с необходимыми значениями прочности на сжатие и растяжение. После совмещения результатов испытаний были выбраны два состава инъекционного раствора с заданным процентным соотношением основных реагентов. Установлена необходимость дальнейших полевых испытаний выбранных растворов для химического закрепления грунтов с использованием манжетной технологии.

Ключевые слова: усиление фундаментов, грунтовый массив, химическое закрепление глинистого грунтового основания, манжетная технология инъекции раствора, гидравлический разрыв, цемент, бентонит, растекаемость, водоотделение, прочность на сжатие, прочность на растяжение

DETERMINATION OF GROUT MIX COMPOSITION TO INCREASE THE QUALITY OF GROUND IMPROVEMENT FOR TUBE-A-MANCHETTE GROUTING

[1]Samokhvalov M.A., [1]Ashikhmin O.V., [2]Tsernant A.A.

[1]Industrial University of Tyumen, Tyumen, e-mail: samohvalovma@tyuiu.ru, ashihminov@tyuiu.ru;

[2]Research Institute of Transport Construction, Moscow, e-mail: kiselev3452@gmail.com

An urgent problem today is to determine the optimal composition of the grout mix to improve the quality of stabilization of the soil and reinforcement of the foundations of buildings subject to renovation, without shock impact, vibration and mechanical effects. One of the most effective ways of chemical stabilization of clay soil base with a high level of groundwater is tube-a-manchette technology. The paper describes the choice of a grout mix composition for tube-a-manchette grouting for the reinforcement and consolidation of a clay soil mass. Based on the choice of reagents (cement, bentonite, liquid glass (sodium silicate)), 24 samples of grout mix were prepared for laboratory tests. Based on the aimed flow test results value, 8 samples were identified for further determination of water loss value. The choice of composition with a minimum value of water loss to 3% will allow to form hydrofractures completely filled with a grout mix (without voids and cavities) in the soil mass. Tests of 8 samples of cylindrical shape on the PGM-500MG4 hydraulic press made it possible to determine the samples with the required compressive and tensile strengths. After combining the test results, two grout mix compositions were selected with a specified percentage of the main reagents. The necessity of further field testing of selected grout mix for chemical soil stabilization for tube-a-manchette technology has been established.

Keywords: reinforcement of foundation, soil mass, chemical stabilization of clay ground base, tube-a-manchette technology, hydraulic fracture, cement, bentonite, flow test, water loss, compressive strength, tensile strength

На сегодняшний день довольно быстрыми темпами осуществляется развитие городов на всей территории Российской Федерации. Повсеместно осуществляется реновация имеющегося жилищного фонда, находящегося в аварийном или ограниченно работоспособном состоянии [1, 2]. Здания и сооружения, входящие в данный фонд, нуждаются в реконструкции, реставрации, модернизации и современной адаптации с использованием современных инъекционных технологий без ударных, вибрационных и механических воздействий [3, 4]. Причиной резкого ухудшения технического состояния зданий главным образом являются два фактора. Первый связан с серьезными нарушениями эксплуатации зданий: нарушениями температурно-влажностного режима, перегрузками несущих конструкций здания, не согласованными изменениями объёмно-планировочных и конструктивных решений здания и т.п. Второй фактор заключается в повышении уровня

грунтовых вод, систематическими протечками инженерных коммуникаций, неисправной отмостки здания и ливнёвой канализации, что приводит к значительному увлажнению грунтового основания под зданием, существенному ухудшению его физико-механических характеристик, разрушению и потере устойчивости фундаментов, а также к неравномерным осадкам здания [5, 6].

В свою очередь, одним из наиболее эффективных способов усиления фундаментов и химического закрепления глинистого грунтового основания с высоким уровнем подземных вод является манжетная технология [2, 3, 6]. Отличительной особенностью технологии является управляемая поинтервальная по глубине инъекция раствора в режиме образования и распространения в грунтовом массиве гидравлических разрывов «гидроразрывов». Инъекция раствора осуществляется через перфорированную трубу, отверстия которой закрываются резиновыми манжетами, выступающими в роли обратного клапана «манжетная колонна». Манжетные колонны устанавливают в предварительно пробуренные скважины, заполняя пространство между перфорированной трубой и стенками скважины глиноцементной суспензией. После твердения глиноцементного раствора образуется грунтоцементная прослойка «обойма», связывающая трубу с грунтом и препятствующая выходу раствора во время инъекции по контуру между трубой и грунтом. Закрепление грунта осуществляется путем разрыва обоймы на заданном уровне скважины под давлением от 5 до 10 МПа [2, 6].

Цель исследования

Определить состав инъекционного раствора, удовлетворяющего требованиям по качественному и эффективному закреплению грунтового основания с использованием манжетной технологии инъекции раствора в режиме образования гидравлических разрывов.

Методы исследования. Для определения состава раствора и его основных технологических и прочностных характеристик в лаборатории кафедры геотехники на основании результатов научно-практических исследований растворов, проводимых в НИИОСП им. Н.М. Герсеванова, ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева, представленных в работах Адамовича, Алексеева, Богова, Булатова, Воронкевича, Ибрагимова, Ржаницына и др. [2, 5, 6], были выбраны основные реагенты для приготовления растворов: цемент марки М400, бентонит марки ПБМБ, жидкое стекло (силикат натрия) с изменением процентного содержания водоцементного отношения В/Ц: 0,6–1,0. Цемент марки М400 – цемент общестроительного назначения, отличающийся грубой дисперсностью, показатель размера фракции d95 = 70–80 микрон (диаметр частиц, меньше которого в цементе содержится 95 процентов частиц), удельная поверхность 2500 см^2/г. Бентонит марки ПБМБ – вследствие тонкости и коллоидных свойств минеральных частиц увеличивает стабильность и пластичность раствора. Под стабильностью раствора понимается приведение его в устойчивое состояние – агрегирование твердой фазы за счет гидрофильности глинистых частиц, предотвращение расслоения и уменьшения водоотделения в спокойном состоянии и уменьшение водоотдачи при инъекции в грунт. Также в состав бентонита входит кальцинированная сода (углекислый натрий) Na_2CO_3 – позволяет связывать ионы кальция в растворах, содержащих гипс, ангидрит, цемент. Жидкое стекло (силикат натрия) – общая химическая формула имеет вид Na2OxnSiO2, где n – число молекул кремнезема. Водный раствор силиката натрия представляет собой вязкую жидкость светло-желтого цвета, плотность которой составляет 1300–1800 кг/м^3. Добавка жидкого стекла способствует ускорению времени схватывания раствора и увеличению его прочности. Водоцементное отношение (В/Ц) – составляет 0,6–1,2 исходя из требований к подвижности растворов, что приводит к большому избытку воды (по сравнению с обычно применяемыми в строительной практике) и, как следствие, снижению прочности получаемого цементного камня. Кроме того, неизбежны явления водоотделения и расслоения раствора, а также значительного отжатия воды под давлением инъекции.

Всего было изготовлено 24 образца с проведением испытаний: по определению растекаемости, водоотделения, прочности на сжатие и растяжение (рис. 1).

В соответствии с требованиями нормативных документов ГОСТ [7] растекаемость определялась при помощи конуса АзНИИ. По итогам первой серии экспериментов было выделено 8 образцов, соответствующих требованиям по показателю растекаемости – от 17 до 22 см.

В первой серии экспериментов определялась растекаемость инъекционных растворов по конусу АзНИИ (ГОСТ [7]), результаты которых представлены в таблице.

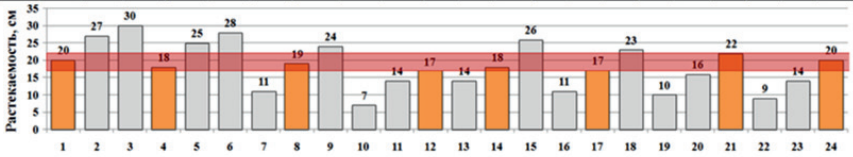
Далее проводились исследования по определению водоотделения в соответствии с требованиями ГОСТ [7] каждого из восьми образцов, результаты которых представлены в таблице. Данный фактор является очень важным, так как от него зависит формирование твёрдого остатка (седиментация) цементного камня при твердении.

Определение характеристик растворов

№ Состава	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
В/Ц	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0	0,6	0,8	1,0
Бентонит, %	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	5	5	5	10	10	10	5	5	5	5	5	5
Силикат натрия, %	-	-	-	1	1	1	3	3	3	5	5	5	-	-	-	-	-	-	1	1	1	3	3	3
Растекаемость, см	20	27	30	18	25	28	11	19	24	7	14	17	14	18	26	11	17	23	10	16	22	9	14	20

Примечание:
- цемент марки М400
- силикат натрия ГОСТ 23078
- бентонита марки ПБМБ

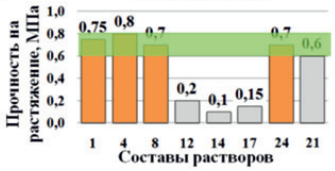
ТУ 2164-00641219638-2005



№ Состава	1	4	8	12	14	17	21	24
В/Ц	0,6	0,6	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	1,0
Бентонит	-	-	-	-	5	10	5	5
Силикат натрия, %	-	1	3	5	-	-	1	3
Водоотделение, %	11,1	3,0	7,8	6,3	3,0	1,5	0,4	0,7

№ Состава	1	4	8	12	14	17	21	24
В/Ц	0,6	0,6	0,8	1,0	0,8	0,8	1,0	1,0
Бентонит, %	-	-	-	-	5	10	5	5
Силикат натрия, %	-	1	3	5	-	-	1	3
Прочность, МПа	6,5	7,4	6,8	2,6	1,2	1,6	5,4	6,6

№ Состава	1	4	8	12	14	17	21	24
В/Ц	0,6	0,6	0,8	0,8	0,8	0,8	1,0	1,0
Бентонит, %	-	-	-	-	5	10	5	5
Силикат натрия, %	-	1	3	5	-	-	1	3
Прочность, МПа	0,75	0,8	0,7	0,2	0,1	0,15	0,6	0,7



При этом также следует учитывать увеличение процента водоотделения в процессе инъекции раствора под давлением [1–2]. Выбор состава с минимальным значением водоотделения до 3 % позволит сформировать в грунтовом массиве гидроразрывы, полностью заполненные раствором (без пустот и полостей), которые следует рассматривать как армирующие и уплотняющие глинистый грунтовый массив.

Для определения прочности на сжатие и растяжение при раскалывании было изготовлено 8 образцов цилиндрической формы d = 70 мм, h = 70 мм. Испытания проводились на гидравлическом прессе ПГМ-500МГ4 в соответствии с требованиями ГОСТ 310.4-81. «Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии» (введ. 30.06.1983). Прочность на сжатие раствора должна составлять от 6 до 8 МПа, на растяжение при раскалывании 0,6–0,8 МПа [2].

Совмещая между собой гистограммы табл. 1 по требуемым значениям характеристик водоотделения, прочности на сжатие и растяжение для дальнейших экспериментальных исследований было выбрано два состава, № 4 и № 24.

Дальнейшие исследования проходили на строительной площадке в г. Тюмени. Составы растворов использовались для устройства перфорированных инъекционных свай длиной до 6 м. Инъекция осуществлялась при помощи универсального шнекового растворонасоса по манжетной технологии с использованием гидравлического пакера. При времени инъекции состава № 4 до 4 часов и давлении до 1,8 МПа произошла блокировка пакера вследствие осаждения цементных частиц (рис. 1). Причиной осаждения является отсутствие связности между частицами цемента и воды, а также влияния жидкого стекла, ускоряющего время схватывания. При использовании состава № 24 блокировка пакера не происходила даже при более длительном беспрерывном времени инъекции до 6 часов и меньшем значении давления – до 1,0 МПа.

Для определения качества закрепления грунтового основания при помощи перфорированных инъекционных свай по манжетной технологии с использованием гидравлического пакера производилась экскавация грунта на всю глубину расположений свай с ручной доработкой в месте расположения гидроразрывов (рис. 2). На рис. 2, а, наглядно показано отличие цветового оттенка сформированных гидроразрывов состава № 4, имеющего светло-серый цвет, от состава № 24, имеющего светло-коричневый цвет из-за добавки бентонита.

Рис. 1. Блокировка пакера в результате осаждения цементных частиц

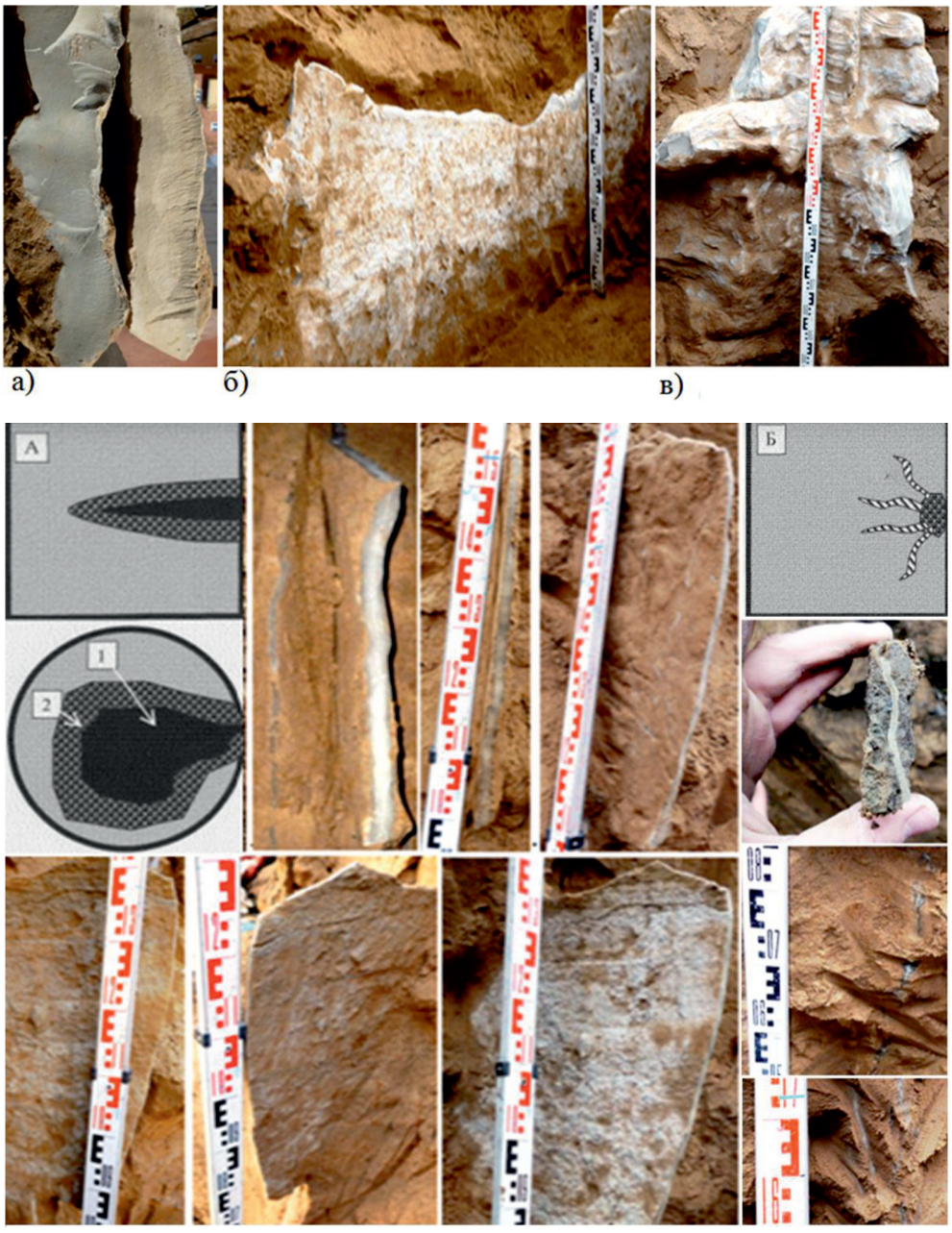


Рис. 2. Результаты экскавации перфорированных инъекционных свай для оценки качества закрепления пылевато-глинистого грунтового основания: а – образцы составов № 4 и № 24, б – закрепление основания составом № 2 4, в – закрепление основания составом № 4; А – гидроразрывы тип «А», Б – гидроразрывы тип «Б»

На рис. 2, б, показано распространение гидроразрывов в грунте во время инъекции состава № 24. Объём инъекции раствора на один инъектор составлял 1000 л при давлении 0,8–1,0 МПа. Хорошо прослеживается распространение инъекционного раствора в массиве грунта на расстояние до 3 м от инъектора, что говорит о высокой проникающей способности данного состава. Средняя толщина гидроразрывов составляет 2 см. Также следует отметить большое количество мелких гидроразрывов толщиной от 2 до 5 мм.

На рис. 2, в, показано распространение гидроразрывов в грунтовом массиве во время инъекции состава № 4. Максимально возможный объём инъекции раствора на один инъектор составлял 400 л при давлении 1,2–1,8 МПа. По результатам экскавации, сформированные гидроразрывы в основном локализуются возле инъектора, радиус распространения составляет не более 0,5 м. Также на рис. 2, А–Б более детально показана текстура образующихся в грунтовом массиве гидроразрывов. И.И. Сахаров выделяет три характерные текстуры гидроразрывов при инъекции раствора в грунт [8]:

- Тип «А» – сплошные растворные вертикальные прожилки-линзы толщиной раскрытия 40–130 мм были обнаружении при инъекции состава № 24.
- Тип «Б» – многочисленные тонкие трещины, слабо заполненные раствором, с толщиной менее 10 мм были обнаружении при инъекции состава № 4.
- Тип «В» – тонкие трещины, разрыхляющие грунтовый массив без присутствия раствора – не были обнаружены.

Следует отметить, что для закрепления и уплотнения пылевато-глинистого грунтового массива оптимальной является текстура «Тип А» поскольку её можно рассматривать как армирующий элемент, текстура типа «Б» менее благоприятна [9–10].

Также на рис. 3 показаны геометрические параметры гидроразрывов свай с повторной инъекцией раствора и различным шагом отверстий перфорации: 30, 40 и 50 см.

При шаге отверстий перфорации – 30 см наблюдалось самое эффективное закрепление грунтового массива с образованием как вертикальных, так и горизонтальных гидроразрывов, при шаге 40 см образовывались только вертикальные гидроразрывы, при шаге 50 см – происходило образование одиночных, не связанных между собой гидроразрывов.

Следует объяснить логическое происхождение данных результатов. В начальный момент инъекции раствора в грунтовом массиве образовывались гидроразрывы, развивающиеся в вертикальной плоскости перпендикулярно инъектору: при шаге отверстий 50 см – на значительные расстояния от инъектора; 40 см – частично распространялись от инъектора и незначительно пересекались между собой; 30 см – в основном пересекались между собой и локализовались возле инъектора. При последующей (повторной) инъекции новые гидроразрывы: при шаге отверстий 50 см – свободно распространялись на значительные расстояния; 40 см – объединялись между собой и образовывали сплошную вертикальную стенку; 30 см – распространялись в горизонтальном направлении (горизонтальные гидроразрывы толщиной 5–20 мм) из-за переуплотнения грунтового массива вертикальными гидроразрывами и перераспределения напряжений в зоне инъекции.

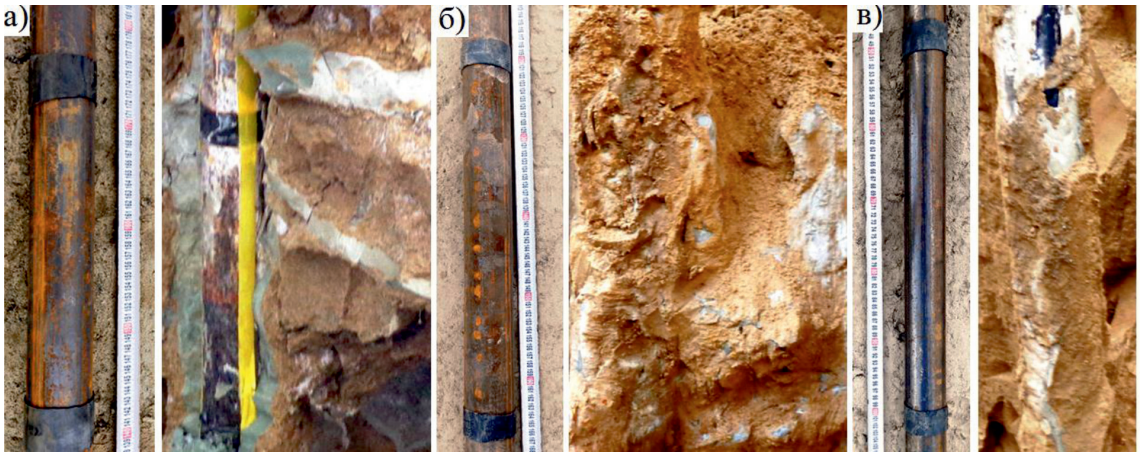


Рис. 3. Характер распространения гидроразрывов с повторной инъекцией раствора: а – при шаге отверстий 30 см, б – при шаге 40 см, в – при шаге 50 см

Выводы

1. В результате проведения испытаний по определению растекаемости, водоотделения, прочности на сжатие и растяжение было определено два состава инъекционного раствора с заданным процентным соотношением основных реагентов по химическому закреплению грунтов с использованием манжетной технологии:

– водоцементный состав № 4 с водоцементным соотношением по массе равным 0,6 и добавлением 1% жидкого стекла;

– глиноцементный состав № 24 с водоцементным соотношением по массе равным 1 и добавлением 5% бентонитовой глины марки ПБМБ и 3% жидкого стекла.

2. Добавка глины в составе № 24 повышает стабильность раствора, увеличивает его подвижность и проникающую способность, уменьшает расслоение, но при этом резко снижает прочность, данный недостаток компенсируется добавкой жидкого стекла.

3. В сравнении двух растворов по результатам полевых исследований следует использовать состав № 24, поскольку он позволяет выполнять инъекцию раствора по манжетной технологии с использованием гидравлического пакера в более стабильном режиме с требуемым радиусом распространения гидроразрывов (до 3 м от инъектора) для качественного закрепления пылевато-глинистого грунтового основания.

Список литературы

1. Мацегора А.Г. Инъекционное укрепление грунтов основания фундаментов / А.Г. Мацегора, А.И. Осокин, В.А. Ермолаев // Промышленное и гражданское строительство. – 2006. – № 7. – С. 52–53.

2. Ибрагимов М.Н. Закрепление грунтов инъекцией цементных растворов: монография / М.Н. Ибрагимов, В.В. Семкин. – М.: Издательство АСВ, 2012. – 254 с.

3. Ермолаев В.А. Упрочнение основания зданий и сооружений методом гидроразрыва с использованием манжетной технологии / Е.С. Вознесенская, В.А. Ермолаев, А.И. Осокин, С.В. Татаринов // Основания, фундаменты и механика грунтов. – 2014. – № 4. – С. 19–23.

4. Улицкий В.М. Геотехническое сопровождение развития городов / В.М. Улицкий, А.Г. Шашкин, К.Г. Шашкин. – СПб.: Стройиздат Северо-Запад, 2010. – 560 с.

5. Gabrielaitis L., Papinigis V., Zarzojus G. Estimation of Settlements of Bored Piles Foundation // Procedia Engineering. – 2013. – no. 57. – P. 287–293.

6. Оржеховский Ю.Р. Инъекционное закрепление просадочных грунтов (метод контурной обоймы) / Ю.Р. Оржеховский, В.В. Лушников, Р.Я. Оржеховская // Академический вестник УралНИИпроект РААСН. – 2013. – № 3. – С. 78–81.

7. ГОСТ 26798.1-96. Цементы тампонажные. Методы испытаний. – Взамен ГОСТ 26798.0–85; введ. 1998–10–01. – Москва: Межгос. научно-техническая комиссия по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (МНТКС). – М.: Минземстрой России: ГУП ЦПП, 1998. – 13 с.

8. Сахаров И.И. Гидроразрывной метод закрепления оснований эксплуатируемых зданий и сооружений / И.И. Сахаров, М. Аббуд // Геотехника. Наука и практика: сб. науч. тр. – СПб., 2000. – С. 72–76.

9. Пономаренко Ю.В. Укрепление оснований фундаментов эксплуатируемых зданий и сооружений / Ю.В. Пономаренко, В.С. Кузькин // Промышленное и гражданское строительство. – 2012. – № 6. – С. 52–54.

10. Ларионова Н.А. Влияние состава и свойств лессовых грунтов на эффективность их укрепления методом силикатизации / Н.А. Ларионова // Геотехника. – 2015. – № 4. – С. 26–34.

УДК 004.932:616-079

РАЗРАБОТКА МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГРАНИЦ ГЛИОМЫ ГОЛОВНОГО МОЗГА, НА ОСНОВЕ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДА ОБРАБОТКИ МРТ- И КТ-ИЗОБРАЖЕНИЯ

Соловьева С.Н., Уросова В.С.

ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина», Екатеринбург, e-mail: vladaurosova14@gmail.com

В настоящей статье рассмотрена проблема неприменимости существующих алгоритмов обработки и анализа изображения для КТ-, МРТ-изображения глиомы головного мозга. Рассмотрены особенности задачи выделения границы глиомы головного мозга на КТ-, МРТ-изображении. Сформулированы и проанализированы проблемы, обоснованные структурной сложностью глиальных опухолей головного мозга. Показана перспективность и актуальность разработки модели автоматического выделения границы глиомы головного мозга. Проведен литературно – аналитический обзор существующих моделей исследования изображения, на основании которого была выдвинута гипотеза предлагаемого решения. Предложена концепция модели автоматического выделения границ глиомы головного мозга на основе КТ-, МРТ-изображений, включающая современные методы сегментации и фрактального анализа изображений, позволяющих учитывать структурные особенности текстуры изображений глиальных опухолей. Предложена циклическая модель выделения границ глиомы головного мозга с расширенной системой признаков, учитывающей структурные особенности изображения, на основе которых происходит автоматическая коррекция метода сегментации. Разработан пакет алгоритмических моделей, позволяющий проиллюстрировать новизну предлагаемого решения. На основе предложенных алгоритмов в пакете алгоритмических моделей разработан пакет математических моделей. Новизна предлагаемого решения описана математической моделью взаимодействия метода сегментации и фрактального выращивания регионов в блоке «коррекции регионов», где осуществляется коррекция регионов и переход на следующую итерацию алгоритма при помощи анализа системы полученных признаков увеличивают её точность.

Ключевые слова: моделирование, комплексный метод, обработка, анализ, КТ, МРТ, глиома

DEVELOPMENT OF THE MODEL OF AUTOMATIC DETERMINATION OF THE BORDERS OF THE GLIOMA OF THE BRAIN, BASED ON THE COMPLEX METHOD OF PROCESSING MRI AND CT IMAGES

Soloveva S.N., Urosova V.S.

Ural Federal University, Ekaterinburg, e-mail: vladaurosova14@gmail.com

In this article, the problem of the inapplicability of existing image processing and analysis algorithms for the image of brain glioma is considered. Specific features of the problem of isolating the boundaries of brain gliomas on CT and MRI images are considered. The problems substantiated by the structural complexity of glial brain tumors are formulated and analyzed. The prospects and urgency of the development of a model for automatic detection of cerebral glioma boundaries are shown. A literary and analytical review was conducted with the results of the studies on the basis of which the hypothesis of the proposed solution was put forward. The concept of automatic detection of brain glioma boundaries based on CT, MRI images, including modern methods of segmentation and fractal image analysis, allowing to take into account structural features of the texture of images of glial tumors is proposed. A cyclic model for isolating the boundaries of brain glioma with an extended system of features, taking into account the structural features of the image, based on which an automatic correction of the segmentation method occurs, is proposed. A package of algorithmic models is developed, which allows to illustrate the novelty of the proposed solution. Based on the proposed algorithms in the package of algorithmic models, a package of mathematical models is developed. The novelty of the proposed solution is described by the mathematical model of interaction between the segmentation method and the fractal growth of regions in the «region correction» block, where the regions are corrected and the next iteration of the algorithm is performed by analyzing the system of received features. increase its accuracy.

Keywords: modeling, complex method, processing, analysis, CT, MRI, glioma

Современными методами диагностики и визуализации патологий головного мозга являются компьютерная томография (КТ), магнитно-резонансная томография (МРТ) и позитронная – эмиссионная томография (ПЭТ) [1, 2]. При этом изображения внутренней анатомической структуры объекта формируются с помощью различных подходов, в зависимости от выбранного метода диагностики [3]. Подходы к процессу формирования изображения содержат аппаратную и программную составляющие, специфика работы которых приводит к наличию шумов, усреднению значений в пикселях, находящихся на границе двух областей [4]. Вышеперечисленные недостатки приводят к затруднению распознавания на изображениях границ патологии ткани [5].

Проблема выделения границ на медицинских изображениях осложняется не только способами формирования медицинского изображения, но и сложностью вну-

тренней структуры, представленной на изображении. Сложность структуры глиальных опухолей и превалирующее их большинство среди всех первичных опухолей головного мозга объясняется происхождением из клеток нейроглии, вспомогательных клеток нервной ткани, имеющих различную форму и заполняющих пространства между нейронами [6]. Существующие модели исследования изображений, состоящие из различных алгоритмов обработки и анализа изображений [7], не учитывают перечисленные структурные особенности ткани глиальных опухолей.

Неприменимость существующих моделей исследования изображений для выделения границ глиомы головного мозга обусловлена тем, что каждый алгоритм исследования изображения решает свою, локальную задачу, точность и правильность решения которой зависит от эффективности самого алгоритма при заданных условиях.

Так, например, в работе А.А. Потапова [8] говорится о том, что фрактальная обработка изображения справляется с выделением границ объекта на зашумленном изображении. А в работе А.А. Деркач [9] приводится сравнительный анализ методов выделения контуров на медицинских изображениях головы, в результате которого лучшая эффективность определяется у метода Канни. В работе Н.В. Колодникова [10] обоснована значимость использования текстурных признаков для задач сегментации и распознавания объектов на изображении. В работе Н.Ю. Ильясовой [11] предпочтение отдается методам сегментации и кластеризации на основе нейронных сетей.

Задача определения границ глиомы головного мозга обусловлена необходимостью решения поставленных и описанных выше проблем, вызванных методами формирования изображения и структурной сложностью глиомы головного мозга. Задача определения границ глиомы головного мозга не является тривиальной и требует одновременного решения локальных задач, так как при определении границ глиомы головного мозга необходимо не только обособить область патологии, но и осуществить проверку правильности обособления при помощи дополнительных инструментов анализа участков изображения. Это необходимо для обеспечения максимальной точности выделения границ глиомы головного мозга, так как этот этап является важной частью процесса предоперационного планирования [12].

Методы исследования изображений можно разделить на две группы – методы обработки и методы анализа изображений, отличающихся друг от друга принципиально разными подходами к процессу выделения объекта на изображении.

Обработка осуществляется путем внесения в исходное изображение тех или иных изменений с целью подготовки изображения для анализа [13]. Обработка изображений, в рамках рассматриваемой проблемы, заключается в решении следующих задач:

- выделение контуров;
- локализация и определение границ объектов изображения;
- сегментация.

Решение поставленных задач осуществляется с помощью методов сегментации, содержащих в себе алгоритмы выделения контуров, локализации и определения границ объектов. Сегментация преследует две цели [14]:

- декомпозиция изображения на части, удобные для последующего анализа;
- изменение формы описания изображения, так как в результате пиксели преобразуются в высокоуровневые структуры, содержащие больше информации и обеспечивающие дальнейший эффективный анализ изображения.

Так как сегментация является основной составляющей при решении поставленной задачи, она должна соответствовать условиям задачи, удовлетворяя поставленным критериям:

- *устойчивость к шумам* (У) – КТ-, МРТ-изображения, с которыми будет осуществляться работа, имеют достаточно высокую степень зашумленности, поэтому одним из требований к алгоритму является устойчивость к шумам.

$$I_{\text{У}} = \begin{cases} 1, \text{ алгоритм устойчив ко многим видам шума} \\ 0{,}5, \text{ алгоритм устойчив к некоторым видам шума,} \\ 0, \text{ алгоритм неустойчив к видам шума} \end{cases} \quad (1)$$

- *степень автоматизации* (СА) – критерий оценивает зависимость работы алгоритма от оператора.

$$I_{\text{СА}} = \begin{cases} 1, \text{ если алгоритм не требует участие оператора} \\ 0, \text{если алгоритм требует участие оператора} \end{cases}, \quad (2)$$

● *сложность реализации* (СР) – оценивает сложность написания алгоритма, включающую необходимость использования дополнительных библиотек, параллельный или последовательный способ работы алгоритма, использование определенной платформы, необходимо с дополнительных модулей для разработки.

$$I_{\text{СР}} = \begin{cases} 1, \text{алгоритм низкой степени сложности} \\ 0{,}5, \text{ алгоритм умеренной степени сложности} \\ 0, \text{алгоритм высокой степени сложности} \end{cases}, \quad (3)$$

● *самостоятельность алгоритма* (СМ) – оценивает возможность функционирования алгоритма как самостоятельного метода сегментации.

$$I_{\text{СМ}} = \begin{cases} 1, \text{если алгоритм самостоятельный} \\ 0, \text{если является этапом обработки} \end{cases}. \quad (4)$$

Кортежная модель оценки аналогов методов сегментации

$$\text{ОА(С)} = \langle \text{О(У)}, \text{О(СА)}, \text{О(СР)}, \text{О(СМ)}; \text{R} \rangle, \quad (5)$$

где О – оценка; А – аналог; С – сегментация; R – матрица связей.

Таким образом, формула для оценки методов сегментации имеет вид

$$\text{ОА(С)} = \text{О(СМ)}*\alpha(\text{СМ}) + \text{О(СР)}*\alpha(\text{СР}) + \text{О(СА)}*\alpha(\text{СА}) + \text{О(У)}*\alpha(\text{У}), \quad (6)$$

где $\sum_{i=1}^{N} \alpha_i = 1$, α_i – весовой коэффициент i-го критерия.

Было проведено сравнение методов сегментации изображения, представленных в работах [15–17] с использованием метода Томаса Саати (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение методов сегментации

	Название метода	У	СА	СР	СМ	α
Интегральная оценка		0,54	0,31	0,1	0,05	1
На основе анализа границ	Граничные	0	0,31	0,1	0	0,32
	Морфологические	0	0,31	0,1	0	0,32
	Поиск графа	0,27	0	0,05	1	0,32
	Активный контур	0,27	0,31	0	0,05	0,63
	Активный контур и поток вектора градиента	0,27	0,31	0	0,05	0,63
На основе анализа областей	Пороговая классификация	0	0,31	0,1	0	0,32
	Классификаторы	0,27	0	0,05	0,05	0,28
	Кластерный анализ	0,27	0,31	0,05	0	0,63
	Случайное поле Маркова	0,54	0	0	0,05	0,59
Смешанные методы	Наращивание области	0,27	0	0,05	0	0,32
	Метод «разделить и объединить»	0,27	0,31	0	0	0,58
	Нейронные сети	0,27	0,31	0	0,05	0,63

Таким образом, каждый из методов имеет свои преимущества и недостатки, при этом нет ни одного метода сегментации, который бы полностью удовлетворял поставленным условиям задачи выделения границ глиомы головного мозга.

Анализ изображения заключается в изучении отдельных характеристик составных частей – фрагментов изображения. Анализ можно осуществлять как на предварительных этапах работы с изображением, так и после решения перечисленных задач. В литературе нет установившегося понятия «анализ изображения», поэтому под ним мы будем понимать определение различных количественных данных изображения – параметров [14]. Так как МРТ-изображение является растровым текстурным изображением и для его анализа существует множество инструментов, то будут рассмотрены методы текстурного анализа изображения.

Рассмотренные методы текстурного анализа изображения должны соответствовать следующим критериям:

● *сложность реализации* (СР) – критерий оценивает сложность написания алгоритма, включающую необходимость использования дополнительных библиотек, параллельный или последовательный способ работы алгоритма, использование определенной платформы, необходимость дополнительных модулей для разработки.

$$I_{\text{СР}} = \begin{cases} 1, \text{низкая степень сложности реализации} \\ 0{,}5, \text{средняя степень сложности реализации}, \\ 0, \text{высокая степень сложности реализации} \end{cases} \quad (7)$$

● *вычислительная сложность* (ВС) – данный критерий включает в себя быстродействие алгоритмов, трудоемкость работы алгоритмов, использование графического ядра и т.п.

$$I_{\text{ВС}} = \begin{cases} 1, \text{низкая степень вычислительной сложности} \\ 0{,}5, \text{средняя степень вычислительной сложности}, \\ 0, \text{высокая степень вычислительной сложности} \end{cases} \quad (8)$$

● *возможность анализа полной сцены изображения* (АПС) – данный критерий необходим для определения того, на каком из этапов можно использовать рассматриваемые методы, способны ли они анализировать изображение целиком или только отдельно выделенные объекты.

$$I_{\text{АПС}} = \begin{cases} 0, \text{возможен анализ выделенных частей изображения} \\ 1, \text{возможен анализ полного изображения и его частей} \end{cases}. \quad (9)$$

Картежная модель оценки аналогов методов текстурного анализа

$$\text{ОА(ТА)} = <\text{О(СР)}, \text{О(ВС)}, \text{О(АПС)}, \text{R})>, \quad (10)$$

где О – оценка; А – аналог; ТА – текстурный анализ; R – матрица связей.

Таким образом, формула для оценки методов сегментации имеет вид

$$\text{ОА(ТА)} = \text{О(СР)}*\alpha(\text{СР}) + \text{О(ВС)}*\alpha(\text{ВС}) + \text{О(АПС)}*\alpha(\text{АПС}), \quad (11)$$

где $\sum_{i=1}^{N}\alpha_i = 1$, α_i – весовой коэффициент i-го критерия

Было проведено сравнение методов текстурного анализа изображения, рассмотренных в работах [18–20] с использованием метода Томаса Саати (табл. 2).

Таблица 2

Сравнение методов текстурного анализа

	СР	ВС	АПС	α
Интегральная оценка	0,6	0,32	0,08	1
Статистические	0	0,16	0,08	0,24
Структурные	0,3	0	0,08	0,38
Фрактальные	0,3	0,16	0	0,46
Спектральные	0,3	0	0,08	0,38

Анализируя таблицу, было установлено, что ни один из рассмотренных методов текстурного анализа изображения не удовлетворяет условиям поставленной задачи в полной мере, так как в представленной таблице в соответствующей строке есть ноль.

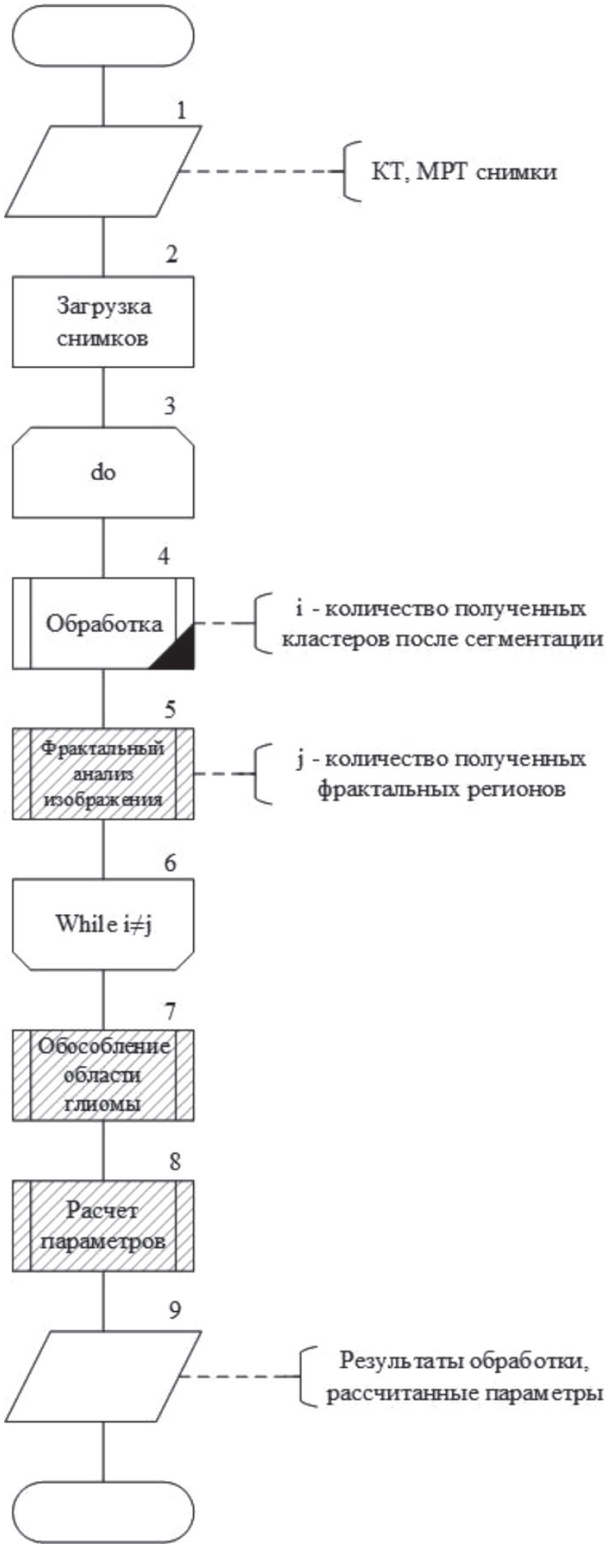


Рис. 1. Алгоритмическая модель предлагаемого решения

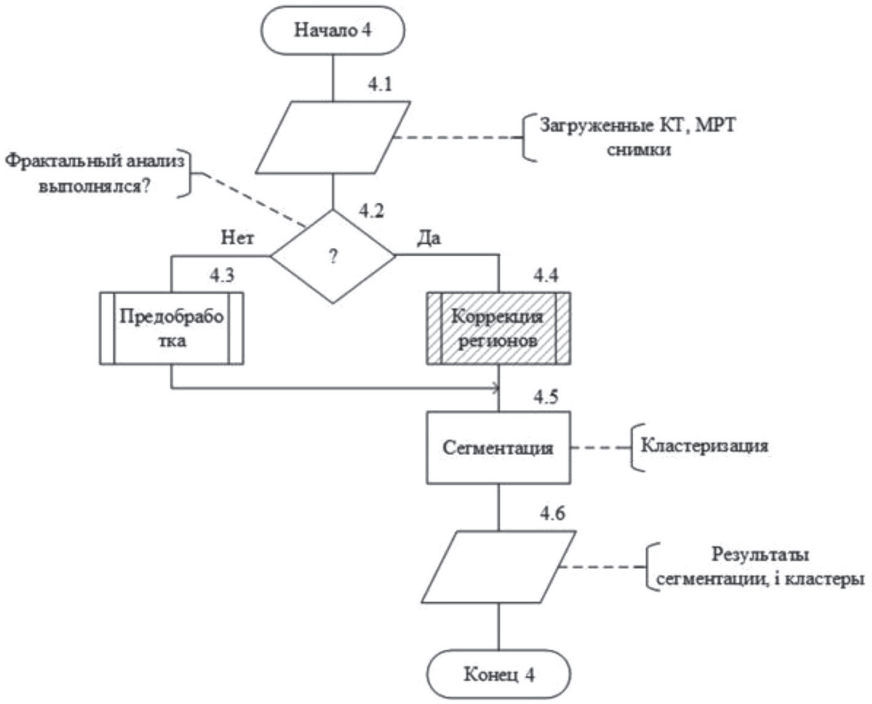


Рис. 2. Алгоритмическая модель блока «Обработка»

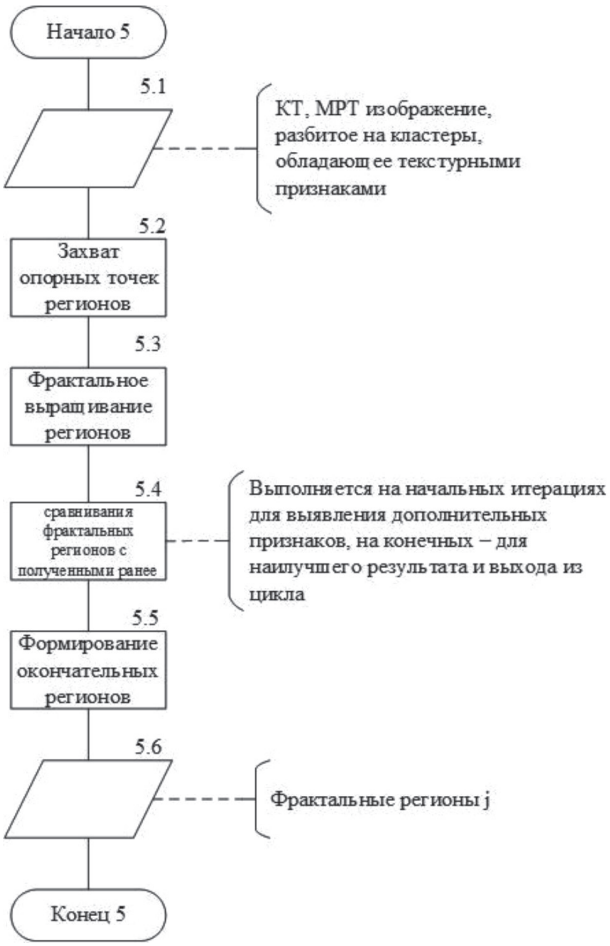


Рис. 3. Алгоритмическая модель блока «Фрактальный анализ изображения»

Приведенная оценка существующих методов исследования изображения позволяет сделать вывод о том, что нет метода исследования изображений, полностью удовлетворяющего критериям и условиям поставленной задачи выделения границ глиомы головного мозга по КТ-, МРТ-изображениям. Анализ полученных результатов оценки двух групп аналогов показал, что можно выделить две позиции: *кластерный анализ* в качестве аналога метода сегментации и *фрактальный анализ* – в качестве аналога метода текстурного анализа изображения.

Отсутствие метода, полностью удовлетворяющего критериям и условиям поставленной задачи выделения границ глиомы головного мозга, является предпосылкой к выдвижению гипотезы о том, что необходимо разработать комбинированный и специализированный инструментарий, на основе определенных критериев алгоритмов исследования изображения. Необходимо создать общую модель, учитывающую структурные особенности глиом головного мозга и нивелирующую описанные выше проблемы.

Для описания специфики предлагаемого решения был разработан пакет алгоритмических и математических моделей. На рис. 1 представлена алгоритмическая модель предлагаемого решения для выделения границ глиомы головного мозга.

На рис. 2 представлена алгоритмическая модель блока «Обработка».

На рис. 3 представлена алгоритмическая модель блока «Фрактальный анализ изображения».

На рис. 4 представлена алгоритмическая модель подфункции «коррекция регионов» блока «обработка».

Представленный пакет алгоритмических моделей отражает специфику предлагаемого решения поставленной проблемы, которое позволяет запоминать и учитывать новые признаки регионов, полученные с помощью фрактального анализа, дополняющие выбранный метод сегментации и увеличивающие её точность.

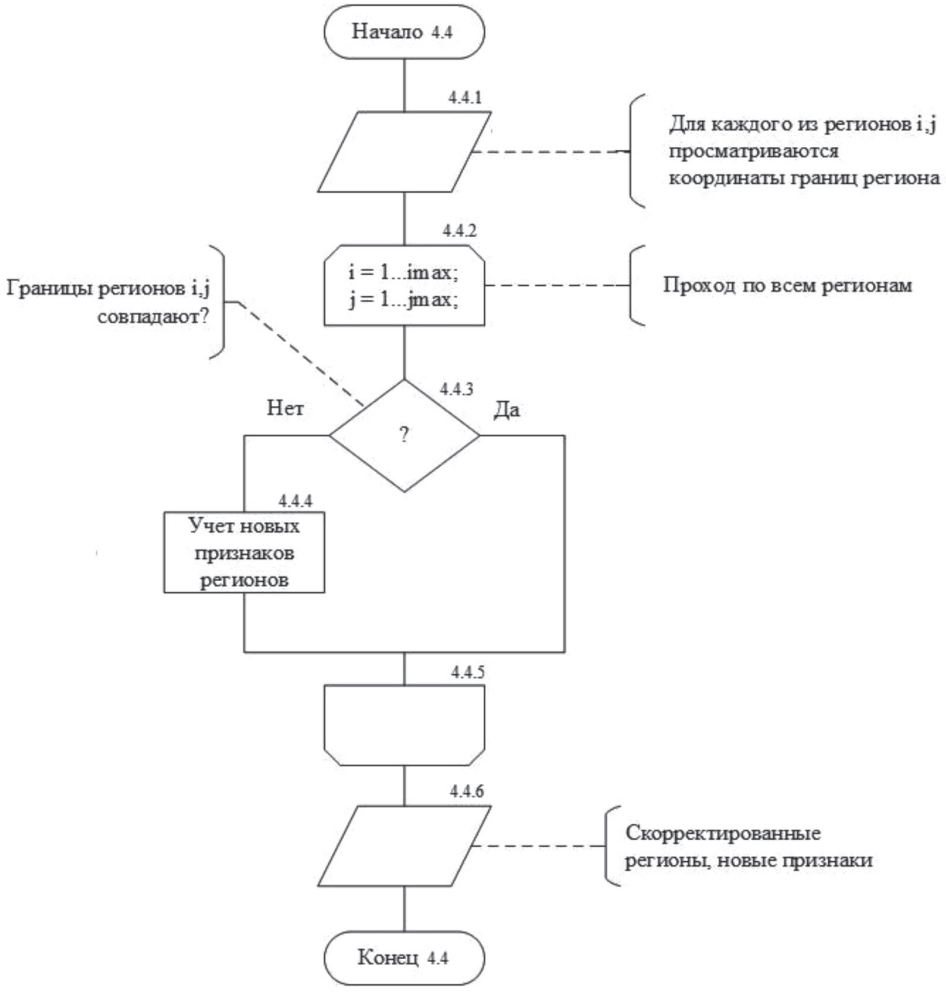


Рис. 4. Алгоритмическая модель подфункции «Коррекция регионов» блока «Обработка»

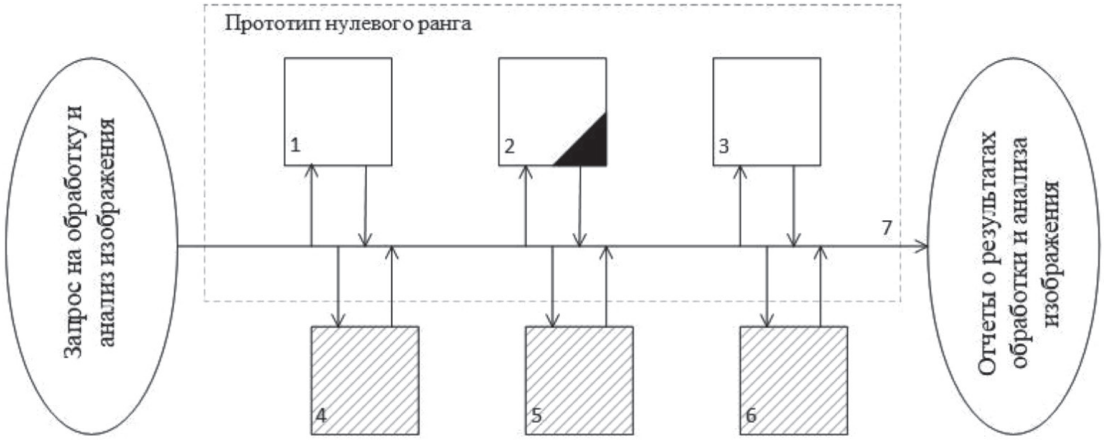


Рис. 5. Структурная модель предлагаемого решения

На основе представленных алгоритмических моделей разработан пакет математических моделей, каждая из которых описывает блоки структурной модели предлагаемого решения (рис. 5).

На рис. 5 используются следующие обозначения:

1 – блок загрузки изображения;

2 – блок обработки изображения (предобработка, сегментация, коррекция регионов);

3 – блок визуализации результатов;

4 – блок фрактального анализа изображения;

5 – блок обособления области глиомы от фона;

6 – блок расчета параметров выделенной области глиомы;

7 – общий интерфейс.

Входными данными решаемой задачи выделения границ глиомы головного мозга являются КТ-, МР-изображения, процесс формирования которых описан в [1]. КТ-, МРТ-изображения являются цифровыми изображениями. В условиях поставленной задачи, под цифровым изображением будем понимать матрицу размером M x N вида

$$f(x,y)=\begin{bmatrix} f(0,0) & f(0,1) & \dots & f(0,N-1) \\ f(1,0) & f(1,1) & \dots & f(1,N-1) \\ . & . & & . \\ . & . & & . \\ . & . & & . \\ f(M-1,0) & f(M-1,1) & \dots & f(M-1,N-1) \end{bmatrix}. \quad (12)$$

Правая часть этого равенства и есть по определению цифровое изображение. Каждый элемент матрицы называется пикселем.

Первым шагом обработки изображения является его предобработка, осуществляемая путем применения различных масок, фильтров, линейных преобразований и т.п., описанных в [15]. Так как в рассматриваемой задаче входными данными являются КТ-, МРТ-изображения, выбор начальных стадий обработки изображений осуществляется исходя из свойств данного вида изображений [14], а именно:

– изображения имеют низкое разрешение и высокую степень зашумленности;

– имеет место эффект «частичного объема», что осложняет задачу определения точной границы.

Показатель соотношения сигнала к шуму определяется формулой

$$SNC=\frac{S}{\delta}, \quad (13)$$

где S – среднее значение сигнала; δ – стандартное значение отклонения сигнала от фона.

Таким образом, нами был осуществлен выбор этапов предварительной обработки изображения. Результаты выполнения этапов представлены на рис. 6, а.

Устранение фона

Вычисляется среднее значение неравномерного фона $\hat{n}$ по периметру изображения L, поскольку предполагается, что интересующее изображение расположено в центре кадра

$$\hat{n} = L^{-1}\sum_{i-1}^{L} n_i \ , \qquad (14)$$

где n_i – значение фона в i-м элементе разрешения по периметру изображения.

Суммирование в (14) происходит только по периметру прямоугольного изображения. Далее формируется оценка отфильтрованного изображения по следующему правилу

$$J_k = \begin{cases} J_{k-1} - \hat{n}_{k-1}, \text{при } J_{k-1} > \hat{n}_{k-1} \\ 0, \text{ при } J_{k-1} < \hat{n}_{k-1} \end{cases}. \qquad (15)$$

При двух- или трехкратном применении данного фильтра к изображению практически весь аддитивный фон устраняется.

Повышение резкости

Обработанное изображение по формулам (14, 15) подвергается преобразованию Фурье [15], осуществляется переход в область пространственных частот $F_k(\vec{w})$. Далее осуществляется повышение высоких пространственных частот путем возведения полученного спектра в степень, показатель которой α лежит в диапазоне (0 … 1). Указанную процедуру можно записать следующим образом:

$$F_{k+1}(\vec{w}) = \left[F_{k+1}(\vec{w})\right]^{\alpha}. \qquad (16)$$

Затем осуществляется обратное Фурье-преобразование от $F_{k+1}(\vec{w})$ и получается оценка изображения J_{k+1} с резко выделенными деталями.

Фильтр Винера

Фильтры Винера усиливают интенсивность сигнала от выявленных очаговых изменений, что позволяет повысить точность сегментации патологии. Этот метод менее подвержен влиянию помех. Используется информация о спектральных плотностях мощности изображения и шума.

Спектральная плотность сигнала определяется соотношением

$$S_{II}(v) = F\left[R(\omega)\right], \qquad (17)$$

где $R(\omega) = \int I(x) I(x-\omega)\, dx$ – автокорреляционная функция.

Взаимная спектральная плотность сигнала определяется соотношением

$$S_{II'}(v) = F\left[R(\omega)\right], \qquad (18)$$

где $R(\omega) = \int I(x) I'(x-\omega)\, dx$ – функция взаимной корреляции.

При построении фильтра Винера ставится задача минимизации среднеквадратического отклонения обрабатываемого изображения от предмета

$$E\left\{\left[I(x,y) - I'(x,y)\right]^2\right\} = \min, \qquad (19)$$

где $E\{\}$ – математическое ожидание.

Преобразуя эти выражения, можно показать, что минимум (19) достигается, когда передаточная функция определяется следующим выражением

$$D(v_x, v_y) = \frac{S_{II'}(v_x, v_y)}{S_{II}(v_x, v_y)}. \qquad (20)$$

Если шума на изображении нет, то спектральная плотность функции шума равна 0 и фильтр Винера превращается в обычный обратный фильтр.

На этом шаге исходное изображение приобретает улучшенное визуальное представление, при этом его обработка осуществляется автоматически и с минимальными потерями информации об исходном изображении.

Следующим шагом являются сегментация изображения и фрактальный анализ, отражающие основную специфику разрабатываемой модели.

– Этап *сегментации* исходного изображения имеет вид

$$\hat{S}(a) = \left\{K_1(A_1), \ldots, K_i(A_i)\right\} : \forall K_i(A_i)$$

$$\text{удовлетворяет } Q = \{Q_i\}, \qquad (21)$$

где Q – множество критериев метода сегментации.

– Этап *фрактального анализа изображения* имеет вид

$$\hat{F}\left(K_i'(A_i')\right) = \left\{K_1'(A_1'), \ldots, K_j'(A_j')\right\}:$$

$$\forall K_j'(A_j') \text{ удовлетворяет } Q = \{Q_i\}$$

$$\text{и } H = \{H_i\}, \qquad (22)$$

где H – множество критериев для выращивания фрактального региона.

– Этап *определения ошибки сегментации* и запоминания новых признаков регионов, удовлетворяющих критериям. Формально представим в виде

$$\left\{K_i(A_i)\right\} - \left\{K_j'(A_j')\right\} \neq \varnothing. \qquad (23)$$

Обозначения:
a – множество всех пикселей изображения;
$A=\{A_i\}$ – подмножество пикселей, удовлетворяющих критериям сегментации;
$A'=\{A'_j\}$ – подмножество пикселей, удовлетворяющих критериям фрактального выращивания регионов;
$\hat{S}$ – операция сегментации над множеством A;
$\hat{F}$ – операция фрактального выращивания регионов над множеством A';
K – множество кластеров, полученных после процедуры $\hat{S}$;
K' – множество регионов, полученных после процедуры $\hat{F}$.

Проводимая на первой итерации сегментация выполнена с ошибкой, найденной с помощью оценки разности границ кластеров и фрактальных регионов. Необходимо запомнить новые признаки H, Q и вернуться к этапу сегментации, но уже имея дополнительные учитываемые признаки для выполнения новой итерации сегментации.

Взаимодействие этапов сегментации и фрактального выращивания регионов отображает специфику предлагаемого решения, позволяющего запоминать и учитывать новые признаки регионов, полученные с помощью фрактального анализа.

Описанный этап сегментации (21) должен выполняться автоматически, без ввода дополнительных условий и статических критериев. При этом на выходе должно быть получено разбитое на кластеры изображение, каждый кластер которого хранит в себе информацию о пикселях, принадлежащих ему, такую как интенсивность сигнала пикселей, знания о соседних пикселях, пиксели на границах. Кластерное разбиение изображения на этом этапе является подготовкой к фрактальному анализу, который заключается во фрактальном выращивании регионов из центра масс автоматически определенных кластеров.

Удовлетворяя специфике предлагаемого решения, используется алгоритм кластеризации нечетких k-средних [21]. Нечеткая кластеризация заключается в нахождении нечеткого разбиения элементов исследуемой совокупности элементов на T нечетких кластеров и формирования соответствующих им значений функций принадлежности. Функция принадлежности указывает на степень уверенности в том, что элементы некоторого множества принадлежат заданному нечеткому множеству, и должна удовлетворять условию

$$\mu_{A_i}(a_i) \geq 0, \forall j \in [1,T], \forall a_i \in A, \qquad (24)$$

где A – анализируемое изображение.

Из векторов значения признаков формируется матрица данных

$$D=\begin{bmatrix} x_1^1 x_2^1 \ldots x_q^1 \\ x_1^2 x_2^2 \ldots x_q^2 \\ \ldots\ldots\ldots \\ x_1^n x_2^n \ldots x_q^n \end{bmatrix}. \qquad (25)$$

Постановка задачи нечеткого кластерного анализа формулируется таким образом: на основе исходных данных D определить такое нечеткое разбиение множества A на заданное число нечетких кластеров, при котором достигается экстремум некоторой целевой функции среди всех нечетких разбиений.

На функции принадлежности накладываются дополнительные условия нормировки

$$\sum_{j=1}^{T} \mu_{A_i}(a_i) = 1, \forall a_i \in A, \qquad (26)$$

$$\sum_{j=1}^{T} \mu_{A_i}(a_i) = 1, \forall i \in [1,T], \qquad (27)$$

где $T \in N$ – число кластеров, $T > 1$, – отсутствие пустых кластеров.

Для каждого нечеткого кластера вводится q – мерных векторов центра кластеров $c_i = [c_1^j, c_2^j, \ldots, c_q^j], \forall j \in [1,T]$, каждый компонент которого определяется в соответствии с уравнением

$$c_l^j = \frac{\sum_i [\mu_{A_j}(a_i)]^m x_l^i}{\sum_i [\mu_{A_j}(a_i]^m}$$

$$\text{для } \forall j \in \{1 \ldots T\}, \forall p_l \in P, \qquad (28)$$

где m – экспоненциальный вес.

Целевая функция – сумма квадратов взвешенных отклонений координат объектов кластеризации от центров искомых нечетких кластеров:

$$\varepsilon(A_j c_l^j) = \sum_{i=1}^{n} \sum_{j=1}^{T} [\mu_{A_j}(a_i]^m \sum_{l=1}^{q} (x_l^i - c_l^j)^2. \qquad (29)$$

Задача нечеткой кластеризации – найти матрицу U значений функции принадлежности объектов кластеризации нечетким кластерам, обеспечивающую получение минимума целевой функции (29). Результаты работы сегментации на первой итерации приведены на рис. 6, б.

Используемый фрактальный анализ изображения (22) является ключевым в предлагаемом решении, так как модель фрактальной оценки кластеров используется для уменьшения ошибки сегментации. При

этом для каждого полученного кластера необходимо определить признаки локальной фрактальной модели, вырастить регион из центра кластера с учетом новых признаков, оценить степень расхождения границ кластера и региона и провести повторную сегментацию с учетом новой информации о текстуре.

Для разработки модели фрактальной оценки кластеров был использован алгоритм сегментации изображений с использованием фрактальной размерности, оцениваемой с помощью коэффициентов вейвлет-разложения, представленный в [22]. Данный метод использует вектор признаков, составленный из оценок фрактальной размерности по трем направлениям (горизонтальное, диагональное и вертикальное) и нескольким уровням вейвлет-разложения. Тот факт, что производится работа с дискретными сигналами, означает отсутствие бесконечного количества уровней изображения. Следовательно, имеется конечное число значений масштаба, на которых возможно произвести вычисление оценки фрактальной размерности. Таким образом, в качестве вектора признаков для исследуемого участка изображения используется последовательность значений, полученная при разных уровнях разрешения и ориентациях.

Для каждого элемента изображения (полученных ранее кластеров) используется следующая формула:

$$D_{\theta,v}(p) = \frac{\log\left\{\sum_{u\in W_{\theta,v}[N(p)]} |u| \sqrt{2^{-v}}\right\}}{\log\left(v^2\right)} = \frac{\log\left\{\sum_{u\in W_{\theta,v}[N(p)]} |u| \sqrt{2^{-v}}\right\}}{v * C}, \quad (30)$$

где $N(p)\in K$ – окно изображения, окружающее пиксель p внутри кластера, представляющее функцию, для которой вычисляется фрактальная размерность; $v\in\{0,...,\log_2 m\}$ – уровни декомпозиции (разрешения) дискретного вейвлет-преобразования кластера, $\theta\in$ [горизонтальный, вертикальный, диагональный]; $W_{\theta,v}$ – вейвлет-коэффициенты изображения; $C = \log 2$ – постоянная.

Вычисляемая в данной работе при помощи вейвлет-преобразования оценка фрактальной размерности по формуле (30) используется для формирования многомерного массива признаков.

Выращивание фрактальных регионов происходит аналогично описанному выше алгоритму кластерного анализа с учетом добавления новых признаков в матрицу

$$D = \begin{bmatrix} x_1^1 x_2^1 \ldots x_q^1 \\ x_1^2 x_2^2 \ldots x_q^2 \\ \ldots\ldots\ldots\ldots \\ x_1^n x_2^n \ldots x_q^n \end{bmatrix}. \quad (31)$$

Этап коррекции регионов заключается в оценке полученных на этапе фрактального анализа областей. Коррекция производится с помощью применения гистограмм полученных кластеров и регионов. Если один и тот же элемент входит в кластер, но при этом его фрактальная размерность отличается от элементов данного региона, то необходимо учесть эту разность. Процедура повторяется для каждого элемента. Формируется массив новых признаков элементов.

На последней итерации предложенного алгоритма изображение полностью разбито на окончательные кластеры, при этом подсчитаны фрактальные размерности для каждого из них (рис. 6, в).

Этап обособления области глиомы головного мозга от фона осуществляется с помощью построения гистограммы конечного обработанного и проанализированного изображения. Кластер, описывающий глиому, определяется как участок гистограммы с нехарактерным фрактальным распределением (рис. 6, г).

Таким образом, предлагаемое решение позволяет запоминать и учитывать новые признаки регионов, полученные с помощью фрактального анализа, которые дополняют выбранный метод сегментации и увеличивают её точность. В ходе работы были получены как научные, так и практические результаты:

1. Рассмотрены особенности задачи выделения границы глиомы головного мозга на КТ-, МРТ-изображении. Сформулированы и проанализированы проблемы, вызванные структурной сложностью глиальных опухолей головного мозга. Определена перспективность и актуальность разработки модели автоматического выделения границы глиомы головного мозга.

2. Предложена концепция модели автоматического выделения границ глиомы головного мозга на основе КТ-, МРТ-изображений, включающая современные методы сегментации и фрактального анализа изображений, позволяющих учитывать структурные особенности текстуры изображений глиальных опухолей.

3. Предложена циклическая модель выделения границ глиомы головного мозга с расширенной системой признаков, учитывающей структурные особенности изображения, на основе которых происходит автоматическая коррекция метода сегментации.

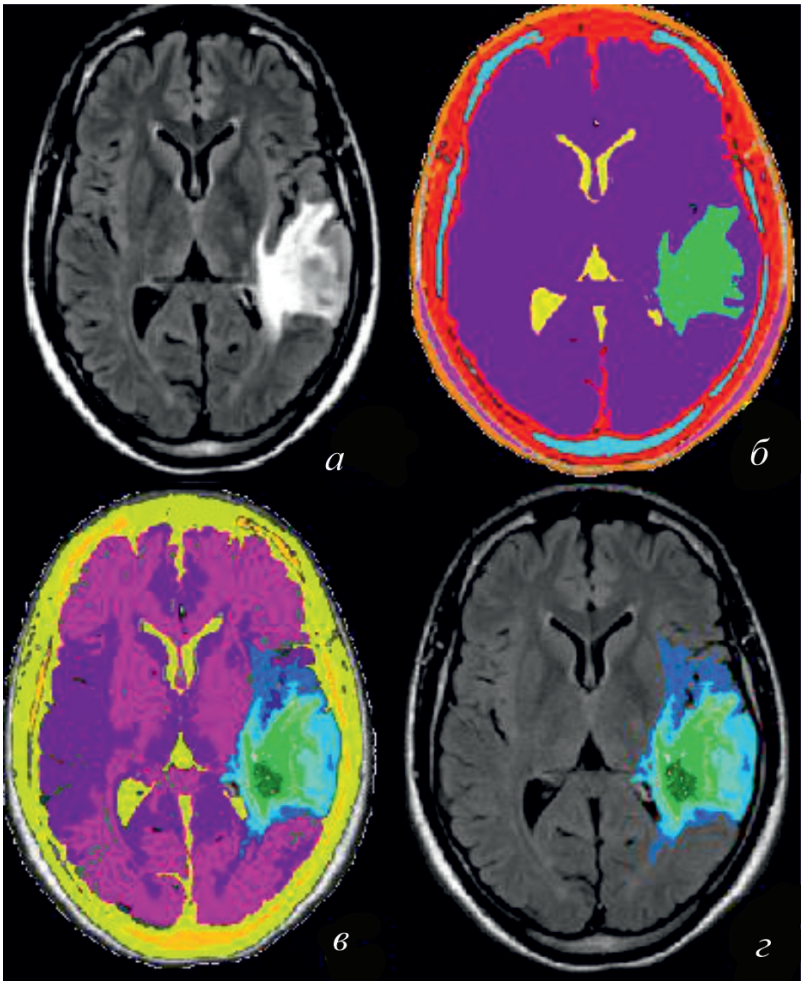


Рис. 6. Результат работы алгоритма предлагаемого решения (а – результат работы блока предварительной обработки; б – результат работы блока сегментации на первой итерации; в – результат работы блока коррекции регионов; г – результат работы блока обособления области глиомы)

4. На основе предложенных алгоритмов в пакете алгоритмических моделей разработан пакет математических моделей. Новизна предлагаемого решения описана математической моделью взаимодействия метода сегментации и фрактального выращивания регионов в блоке «коррекции регионов», где осуществляется коррекция регионов и переход на следующую итерацию алгоритма при помощи анализа системы полученных признаков.

Список литературы

1. Современные технологии нейровизуализации (лекция) / М.В. Кротенкова [и др.] // Радиология-практика. – 2017. – № 2. – С. 47–63.

2. Дюкарев В.В. Позитронно-эмиссионная томография: сущность метода, достоинства и недостатки // Бюллетень медицинских интернет-конференций. – 2013. – Т. 3, № 11. – 1196 с.

3. DICOM Viewer изнутри. Воксельный рендер [Электронный ресурс]. – URL: https://habrahabr.ru/post/252429 (дата обращения: 09.02.18).

4. Марусина М.Я., Волгарева А.П. Подходы к разработке методов автоматической сегментации томографических изображений // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2015. – Т. 1, № 5. – С. 136–141.

5. Возможности постобработки диагностических КТ- и МРТ-изображений на персональном компьютере / Л.Г. Розенфельд [и др.] // Украинский медицинский журнал. – 2006. – № 6. – С. 56.

6. Скворцова Т.Ю., Бродская З.Л., Савинцева Ж.И. Современные методы нейровизуализации в дифференциальной диагностике лучевых поражений головного мозга у больных с церебральными опухолями // Бюллетень сибирской медицины. – 2011. – Т. 10, № 4. – С. 130–136.

7. Гонсалес Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. – М.:Техносфера, 2005. – 1072 с.

8. Потапов А.А. Фракталы, скейлинг и дробные операторы как основа новых методов обработки информации и конструирования фрактальных радиосистем // Технология и конструирование в электронной аппаратуре. – 2008. – № 5. – С. 3–19.

9. Деркач А.А., Привалов М.В. Обнаружение границ объектов на изображениях с артефактами JPG-сжатия (на примере снимков магниторезонансной томографии). – 2010. URL: http://ea.dgtu.donetsk.ua:8080/jspui/handle/123456789/3831 (дата обращения: 15.02.2018).

10. Колодникова Н.В. Обзор текстурных признаков для задач распознавания образов // Доклады Томского государственного университета систем управления и радиоэлектроники. – 2004. – № 1. – С. 113–123.

11. Ильясова Н.Ю., Куприянов А.В., Храмов А.Г. Информационные технологии анализа изображений в задачах медицинской диагностики. – М.: Радио и связь, 2012. – С. 424.

12. Розуменко В.Д., Розуменко А.В. Применение мультимодальной нейронавигации в хирургии опухолей головного мозга // Украинский нейрохирургический журнал. – 2010. – № 4. – С. 51–57.

13. Коротков К.Г., Крылов Б.А. Параметрический анализ полутоновых изображений // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2002. – № 6. – С. 153–155.

14. Шапиро Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ, 2006. – 752 с.

15. Магонов А.П., Ильвес А.Г., Катаева А.В. Автоматическая сегментация МРТ-изображений головного мозга: методы и программное обеспечение // ВИЧ-инфекция и иммуносупрессии. – 2014. – Т. 6, № 3. – С. 73–77.

16. Gupta D., Anand R.S., Tyagi B. A hybrid segmentation method based on Gaussian kernel fuzzy clustering and region based active contour model for ultrasound medical images // Biomedical Signal Processing and Control. – 2015. – Т. 16. – С. 98–112.

17. Winter M.R. et al. Computational image analysis reveals intrinsic multigenerational differences between anterior and posterior cerebral cortex neural progenitor cells // Stem cell reports. – 2015. – Т. 5, № 4. – С. 609–620.

18. Bagri N., Johari P.K. A comparative study on feature extraction using texture and shape for content based image retrieval // International Journal of Advanced Science and Technology. – 2015. – Т. 80. – С. 41–52.

19. Фисенко В.Т., Фисенко Т.Ю. Фрактальные методы сегментации текстурных изображений // Известия высших учебных заведений. – 2013. – Т. 56, № 5. – С. 63–70.

20. Al-Saidi N.M.G., Mohammed A.J., Ahmed A.M. Fuzzy fractal dimension based on escape time algorithm // Applied Mathematical Sciences. – 2014. – Т. 8, № 3. – С. 117–129.

21. Ершов К.С., Романова Т.Н. Анализ и классификация алгоритмов кластеризации // Новые информационные технологии в автоматизированных системах. – 2016. – № 19. – С. 274–279.

22. Zhuang X., Meng Q. Локальная нечеткая фрактальная размерность и ее применение в медицинской обработке изображений // Искусственный интеллект в медицине. – 2004. – Т. 32, № 1. – С. 29–36.

УДК 62-2:62-987

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОСТАТОЧНОГО РЕСУРСА РУКАВОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

Тарбеев А.А., Павлов А.И.

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола, e-mail: PavlovAI@volgatech.net

Предложен алгоритм использования результатов диагноза рукавов высокого давления (РВД), который позволяет предотвратить непредвиденные дополнительные затраты на эксплуатацию транспортно-технологических машин, связанные с внезапным их отказом (потери рабочей жидкости при разрыве). В большинстве современных лесных, дорожно-строительных, сельскохозяйственных и других машин с гидроманипуляторами используется большое количество рукавов высокого давления. Выход из строя даже одного из них может привести к значительным потерям дорогостоящей рабочей жидкости. Предложенная методика предполагает использование диагностической информации, полученной с помощью имеющихся и описанных в литературе способов диагностирования РВД, а также статистических данных по их отказам при эксплуатации конкретных марок машин. В данной работе использованы результаты экспериментальных исследований РВД и статистические данные по их отказам, полученные авторами при эксплуатации одиннадцати машин финского производства Форвардер 1910F. Для разработки методики использован патент авторов, где в качестве критерия диагностирования при определении технического состояния РВД использована частота их собственных колебаний, полученная при резонансном состоянии. Экспериментальным путем доказано уменьшение критерия диагностирования при увеличении наработки РВД до значения, при котором рукав выходит из строя. В качестве примера в работе представлены результаты расчетов остаточного ресурса трубопровода длиной 1,17 м, который определен для всего периода эксплуатации (до выхода его из строя). Учитывая, что в зимний период эксплуатации вероятность отказов РВД значительно выше летнего периода, в методике предусмотрено снижение ресурса трубопровода, если эксплуатировать машину предполагается зимой. При этом алгоритм определения остаточного ресурса, предусмотренный в методике, не зависит от периода эксплуатации машины. Существенную роль играет состояние РВД, определенное по диагностическому параметру, а также период дальнейшей его эксплуатации. Например, если определено значение диагностического параметра и его эксплуатация предполагается в летний период, то значение остаточного ресурса будет больше, чем в зимний период, при этом определяется конкретное значение остаточного ресурса РВД. Выбор остается за оператором, использующим данную машину – либо будет произведена замена трубопровода до выхода его из строя, либо продолжается эксплуатация машины с соответствующими возможными материальными потерями. Данную методику определения остаточного ресурса можно использовать не только для РВД, но и для других элементов гидропривода. Если, например, предполагается определить остаточный ресурс гидроцилиндра, то в качестве критерия диагностирования можно использовать объем жидкости, вытекшей из определенной полости гидроцилиндра при крайних положениях штока при максимально допустимом давлении. Необходимо также иметь данные статистики отказов гидроцилиндров, установленных на конкретных машинах.

Ключевые слова: ресурс, вероятность отказов, критерий диагностирования, статистика отказов, частота собственных колебаний

METHODOLOGY OF DETERMINING RESIDUAL RESOURCES HIGH PRESSURE HOSES

Tarbeev A.A., Pavlov A.I.

Volga State Technological University, Yoshkar-Ola, e-mail: PavlovAI@volgatech.net

An algorithm is proposed for using the results of the diagnosis of high-pressure hoses (HPH), which allows to prevent unforeseen additional costs for the operation of transport-technological machines associated with their sudden failure (loss of hydraulic fluid upon rupture). Most modern forestry, road-building, agricultural and other machines with hydromanipulators use a large number of high-pressure hoses. The failure of even one of them can lead to significant losses of expensive working fluid. The proposed method involves the use of diagnostic information obtained with the available and described in the literature methods of diagnosing the WFD, as well as statistical data on their failures in the operation of specific brands of machines. In this paper we use the results of experimental investigations of the WFD and statistical data on their failures, obtained by the authors during the operation of eleven machines manufactured in Finland by the Forwarder 1910F. To develop the methodology, the authors' patent was used, where the frequency of their natural oscillations, obtained in the resonance state, was used as the diagnostic criterion for determining the technical condition of the ROV. The decrease in the diagnostic criterion with increasing the operating time of the WFD to the value at which the sleeve breaks down is experimentally proven. As an example, the paper presents the results of calculations of the remaining life of the pipeline with a length of 1.17 m, which is determined for the entire period of operation (before it breaks down). Taking into account that during the winter operation the probability of failures of the RVD is significantly higher than the summer period, the methodology provides for a decrease in the pipeline resource if the machine is to be operated in winter. In this case, the algorithm for determining the residual life, provided in the methodology, does not depend on the period of operation of the machine. An essential role is played by the state of the RVD, determined by the diagnostic parameter, as well as the period of its further operation. For example, if the value of the diagnostic parameter is determined and its operation is assumed in the summer period, the residual resource value will be greater than in the winter period, while the specific value of the residual resource of the WFD is determined. The choice is left for the operator using this machine – either the pipeline will be replaced before it fails, or the machine continues to operate with the corresponding possible material losses. This technique for determining the remaining resource can be used not only for the RVD, but also for other elements of the hydraulic drive. If, for example, it is intended to determine the residual life of the hydraulic cylinder, then as the criterion of diagnosis, it is possible to use the volume of liquid leaked from a certain cavity of the hydraulic cylinder at the extreme positions of the rod at the maximum allowable pressure. It is also necessary to have data of failure statistics of hydraulic cylinders installed on specific machines.

Keywords: resource, probability of failures, criterion of diagnosis, failure statistics, frequency of natural oscillations

В настоящее время как в России, так и за рубежом существует проблема недостаточно высокой надежности гидроприводов технологического оборудования транспортно-технологических машин, что приводит к дополнительным материальным затратам на эксплуатацию машин [1, 2]. Как правило, показателем для замены РВД служит разрыв трубопровода, приводящий к вытеканию значительного количества рабочей жидкости, так как оператор не успевает во время отключить насос, подающий в систему рабочую жидкость. Опыт эксплуатации в нашей стране лесных машин импортного производства показал, что даже эти машины не имеют защиты от вытекания рабочей жидкости при разрыве РВД. Несмотря на более высокое качество производства импортных РВД, даже они не застрахованы от внезапных разрывов, причиной которых является неправильная установка (закручивание рукава), высокая динамика в гидроприводе при оперировании с предметом труда. В этой связи определение остаточного ресурса РВД является одним из средств, снижающих материальные затраты на эксплуатацию машин.

Цель работы: уменьшение материальных затрат на эксплуатацию транспортно-технологических машин с гидравлическими приводами за счет предотвращения внезапных выходов из строя и более полного срока службы элементов гидропривода.

Методы исследования: методы математической статистики и моделирования, теоретические и физические основы гидродинамики и гидромеханики.

Для определения ресурса до выхода из строя РВД в качестве диагностического критерия при их диагностике в соответствии с патентом авторов [2], принята частота их собственных колебаний. Характер изменения данного параметра от наработки определен с помощью установки, представленной на рис. 1.

Рис. 1. Установка для проведения экспериментов

Установка предназначена для проведения исследований различных элементов гидропривода, в том числе РВД.

В данной работе представлены результаты исследований РВД по определению давления жидкости, при котором возникает резонансное состояние рукава. На рис. 2 показана кривая с явно выраженным минимумом логарифмического декремента затухающих колебаний (δ), принятым в качестве диагностического параметра. Это говорит о том, что при определенных условиях нагружения в трубопроводе может возникнуть резонансное состояние, что представляет значительный интерес [3, 4].

Экспериментальными исследованиями доказано, что при резонансном состоянии трубопровода (частота колебаний f_c) наблюдается минимальное значение δ. На рис. 3 показан характер изменения частоты колебаний трубопровода длиной 1,17 м от наработки до его разрыва, полученная с использованием стенда динамического нагружения гармонического типа.

Доказано, что данный трубопровод вышел из строя при частоте f_c = 10,21/с.

Для получения данных по статистике отказов РВД были проведены исследования на опорном пункте Поволжского государственного технологического университета (ООО «Лузалес», Прилузский район, Республика Коми). Под наблюдением находились одиннадцать машин Форвардер 1910F, закупленных в Финляндии. Период наблюдений – 2013–2016 гг., при этом объем наработки каждой машины достиг 2250 моточасов, после чего машина снималась с наблюдений. За данный период было зафиксировано 78 отказов РВД, при этом было доказано, что их ресурс имеет нормальный закон распределения. Установлено, что за показанные годы в Республике Коми зимний период длился около семи месяцев, летний – около пяти. Экспериментально установлено, что в зимний период эксплуатации РВД их ресурс значительно ниже. Это связано с тем, что при отрицательных температурах основной (внутренний) слой рукава, который изготовлен из резины на основе каучука СКН, может переходить в состояние, при котором пластические деформации становятся необратимыми. Это приводит к появлению микротрещин, количество которых при знакопеременной нагрузке и дальнейшей эксплуатации увеличивается. Следует отметить, что в большинстве машин рукава высокого давления выполняют не только функцию транспортирования рабочей жидкости через подвижные соединения рабочих органов (например, через места сочленения стрелы и рукояти), но и гашение широкого

спектра динамических нагрузок переменного характера. В этой связи при уменьшении упругих свойств в зимний период эксплуатации микротрещины в резине могут привести к разрыву рукава [5].

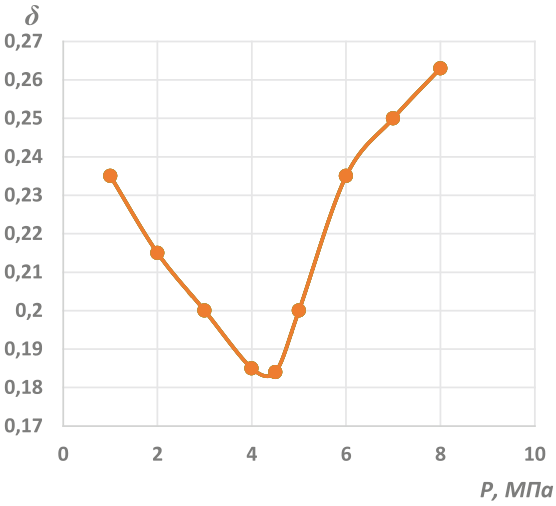


Рис. 2. Характер изменения логарифмического декремента колебаний (δ) от давления жидкости (Р) рукава длиной 1,17 м

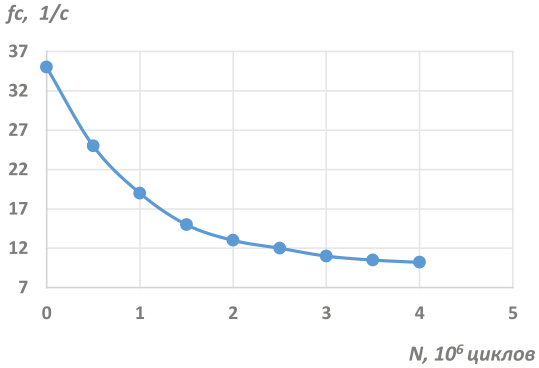


Рис. 3. Изменение частоты колебаний РВД длиной 1,17 м в зависимости от циклов динамического нагружения

Пусть при техническом обслуживании машины получено значение диагностического параметра k_j (частота собственных колебаний РВД), при котором рукав вышел из строя (диагноз D_i). Для определения остаточного ресурса рукавов используем известную формулу Байеса:

$$P(D_i k_j) = P(A)\cdot P(D_i k_j/A) + P(B)\cdot P(D_i k_j/B), \quad (1)$$

где $P(D_i k_j)$ – вероятность появления диагноза D_i при замеренных значениях диагностического параметра k_j;

$P(D_i k_j/A)$ и $P(D_i k_j/B)$ – вероятности отказа трубопровода летом и зимой (условные вероятности событий).

Так как годовая эксплуатация машины состоит из летнего А и зимнего В периодов, сумма вероятностей этих событий (A и B) равна единице – полная группа несовместных событий:

$$\sum_{i=1}^{n} P_i = 1,\ P(A) + P(B) = 1. \quad (2)$$

Вероятности событий A и B можно найти по формуле

$$P(A,B) = \frac{n_N}{n_k}, \quad (3)$$

где n_N – месяцы летнего или зимнего периодов эксплуатации; n_k – годовое количество месяцев.

Вероятность события A будет равна: $P(A) = 5/12 = 0{,}417$, события B: $P(B) = 7/12 = 0{,}583$.

Проведенными авторами исследованиями машин Форвардер 1910F в Республике Коми доказано, что в зимний период эксплуатации их срок службы оказался почти в 2,5 раза меньше эксплуатации в летний период, поэтому формула (1) будет иметь вид

$$P(D_i k_j)_{ti} = P(A)\cdot P(D_i k_j/A)_{ti} + P(B)\cdot P(D_i k_j/B)_{0,4ti}. \quad (4)$$

С учетом вышеизложенного и используя полученные значения диагностических параметров при различной наработке в соответствующий период эксплуатации, получим следующие выражения:

$$f_{c\,(1/ti)}\cdot P(D_i k_j/A)_{ti} = f_{c(2/0,4ti)}\cdot P(D_i k_j/B)_{0,4ti},$$

$$f_{c(2/ti)}\cdot P(D_i k_j/B)_{ti} = f_{c(1/2,5ti)}\cdot P(D_i k_j/A)_{0,4ti}, \quad (5)$$

где $f_{c(1/ti)}$ – диагностический параметр при наработке в летний период; $f_{c(2/ti)}$ – то же в зимний период.

Совместное решение уравнений (5) позволит определить вероятности диагноза D_i при событиях A и B:

$$P(D_i k_j/A)_{ti} = P(D_i k_j)_{ti} / [P(A) + P(B)\cdot f_{c\,(1/ti)}/f_{c(2/0,4ti)}],$$

$$P(D_i k_j/B)_{ti} = P(D_i k_j)_{2,5ti} / [P(B) + P(A)\cdot f_{c(2/ti)}/f_{c(1/2,5ti)}]. \quad (6)$$

Подставляя значения вероятностей, представленных в уравнениях (6), в уравнение (1), получим расчетную формулу вероятности диагноза D_i при полученных значениях диагностического параметра k_j в соответствующие периоды эксплуатации:

$$P(D_i k_j)_{ti} = P(A)_{ti}\cdot P(D_i k_j)_{ti} / + [P(A) + P(B)\cdot f_{c\,(1/ti)}/f_{c(2/0,4ti)}] + P(B)_{ti}\cdot P(D_i k_j)_{2,5ti} / [P(B) + P(A)\cdot f_{c(2/ti)}/f_{c(1/2,5ti)}]. \quad (7)$$

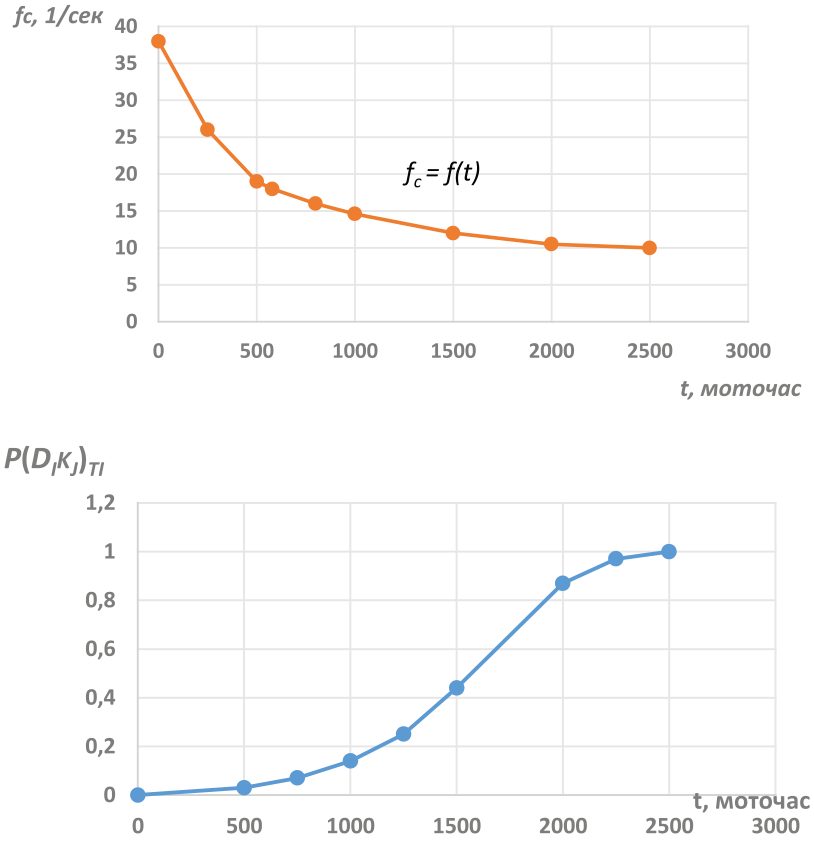


Рис. 4. Номограмма вероятности отказа РВД с внутренним диаметром 20 мм, длиной 1,17 м

Авторами установлено и подтверждено многочисленными исследованиями [1, 6], что лесозаготовительная машина с гидроманипулятором имеет наработку до достижения предельного состояния в среднем 4000 моточасов, что соответствует 573000 циклам рабочих режимов. Причем в каждом цикле (например, в штоковой полости гидропривода рукояти) наблюдается более 12,3 пиковых давлений жидкости при оперировании с предметом труда – деревом. В этой связи в табл. 1 время представлено в моточасах, а не циклах динамического нагружения (лабораторное исследование РВД).

Используем расчетную формулу (7), подставляя в нее числовые показатели вероятностей наступления диагноза D_i при замеренных значениях диагностического параметра в соответствии с рис. 3 в соответствующем событии A или B, получим вероятности разрывов РВД.

По результатам расчетов построены кривые вероятностей разрыва РВД при их наработке в летний и зимний периоды (рис. 4).

Методика расчета остаточного ресурса РВД заключается в следующем.

Проводим диагностирование РВД, при этом на специальной установке [2] определяем значение диагностического параметра (частоту колебаний в резонансном режиме). По номограмме, построенной для РВД различного внутреннего диаметра и длины (аналогично кривым на рис. 4), проводим горизонталь через полученное значение частоты колебаний f_c до пересечения с кривой $f_c = f(t)$, построенной для трубопровода соответствующей длины и диаметра. Через точку пересечения проводим вертикаль до пересечения с кривой $P(D_i k_j)_{ti}$ и определяем фактическое (замеренное) значение наработки данного трубопровода. От величины его предельной наработки отнимаем замеренное значение наработки, в результате получаем значение остаточного ресурса РВД.

Предложенная методика определения остаточного ресурса может быть использована для других элементов гидропривода.

Выводы

1. Предложен алгоритм использования результатов диагноза элементов гидропривода (на примере РВД) методики расчета остаточного ресурса, который позволяет

предотвратить непредвиденные дополнительные затраты на эксплуатацию транспортно-технологических машин, связанные с их отказами.

2. В качестве диагностических параметров в предложенной методике определения остаточного ресурса элементов гидропривода могут быть использованы: частота колебаний РВД (определенная при их резонансном состоянии); объем жидкости, вытекшей из рабочей полости гидроцилиндра при крайних положениях штока при максимально допустимом давлении; зазор между золотником гидрораспределителя и корпусом, определенный при турбулентном режиме движения рабочей жидкости, и другие параметры диагностирования.

3. При эксплуатации машины в условиях зимнего периода наблюдается уменьшение ресурса элементов гидропривода, что доказано авторами в результате проведения экспериментальных исследований.

Список литературы

1. Павлов А.И. Надежность, диагностика и защита гидроприводов транспортно-технологических машин / А.И. Павлов, А.А. Тарбеев, С.Л. Вдовин; под общ. ред. проф. А.И. Павлова. – Йошкар-Ола: Поволжский государственный технологический университет, 2017. – 376 с.

2. А.с. 901676 СССР, МКИ² F 15B 19/00. Способ технического диагностирования упругих трубопроводов и устройство для его осуществления / Г.П. Дроздовский, А.И. Павлов (СССР); Заявлено 21.11.81, опубликовано 28.10.82, Бюл. № 4. – 4 с.

3. Лощенов П.Ю. Оценка эксплуатационной надежности гидроприводов лесных машин / П.Ю. Лощенов // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2012. – № 2. – С. 120–122.

4. Вдовин С.Л. Повышение экономичности и экологичности приводов лесных машин / С.Л. Вдовин, А.В. Охотников // Интеграл: научно-практический межотраслевой журнал. – 2013. – № 3 (71). – С.72.

5. Gorban. The Markov Ordering Approach. Entropy 12 / A.N. Gorban, P.A. Gorban, Judge, George. 2010. – № 5. – P. 1145–1193.

6. Дроздовский Г.П. Обоснование направления проектирования структуры гидросистемы управления оборудованием лесных машин / Г.П. Дроздовский, Н.Р. Шоль, В.И. Юсенхан // Вестник МГУЛ – Лесной вестник. – 2010. – № 5. – С. 86–90.

УДК 621.311.1

ИССЛЕДОВАНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ 220 КВ С ЦЕЛЬЮ ХРОМАТОГРАФИЧЕСКОГО АНАЛИЗА РАСТВОРЁННЫХ ГАЗОВ, С ПОМОЩЬЮ БАЗЫ ЗНАНИЙ ЭКСПЕРТНОГО РЕГУЛЯТОРА

Тихонов В.А.

ФГАОУ ВО «Братский государственный университет», Братск, e-mail: tikhonovva00@mail.ru

Настоящая статья посвящена исследованию влияния содержания растворённых газов в масле трансформатора и систематизации базы хранения знаний о состоянии трансформатора по динамике развития этих газов. В настоящее время существующие методики использования данных по анализу растворённых газов разобщены и зависят от уровня их подготовки соответствующим экспертом. Они не систематизируются в единую систему и не могут влиять быстро на процесс диагностики. Разработанный метод использования базы знаний и работы экспертного регулятора позволяет накапливать многократно условия работы контролируемого электрического оборудования, что позволяет проводить самообучение экспертного регулятора и достигать чёткого вывода при определении состояния электрооборудования, в частности трансформаторов 220 кВ. Выполнен анализ и сравнение методов обработки информации на основе нейросетевого регулятора и регулятора на основе нечёткой логики. Обусловлено это неоднозначным выводом экспертного заключения при изменяющейся ситуации. При этом определено количество вершин графа знаний. Оптимальное число вершин для обеспечения непрерывной работы регулятора выбрано нечётным. Разработанный метод оценки эксплуатационных параметров электрооборудования и трансформаторов напряжением 220 кВ с помощью базы знаний экспертного регулятора позволяет получить достоверную информацию о техническом состоянии и обоснованно выбрать рациональный срок проведения профилактических работ.

Ключевые слова: диагностика, анализ, сбор данных, экспертный регулятор

INVESTIGATION OF 220 KV TRANSFORMERS WITH THE PURPOSE OF CHROMATOGRAPHIC ANALYSIS OF SOLUBLE GASES, BY USING THE KNOWLEDGE OF EXPERT REGULATOR KNOWLEDGE

Tikhonov V.A.

Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Bratsk State University, Bratsk, e-mail: tikhonovva00@mail.ru

This article is devoted to the study of the effect of the content of dissolved gases in the transformer oil and the systematization of the knowledge base on the state of the transformer in terms of the dynamics of these gases. Currently, existing methods for using data on the analysis of dissolved gases are disconnected and depend on the level of their preparation by the relevant expert. They are not systematized into a single system and can not affect quickly the process of diagnosis. The developed method of using the knowledge base and the work of the expert regulator allows accumulating the conditions for the operation of the monitored electrical equipment many times, which makes it possible to carry out the self-training of the expert regulator and achieve a clear conclusion when determining the state of electrical equipment, in particular 220 kV transformers. The analysis and comparison of information processing methods based on a neural network controller and a controller based on fuzzy logic is performed. This is due to the ambiguous conclusion of the expert opinion in the changing situation. The number of vertices of the knowledge graph is determined. The optimal number of vertices to ensure continuous operation of the regulator is selected – odd. The developed method for estimating the operational parameters of electrical equipment and transformers with a voltage of 220 kV using the knowledge base of the expert regulator allows obtaining reliable information on the technical condition and reasonably choosing a rational period for carrying out preventive works.

Keywords: diagnostics, analysis, data collection, expert regulator

Электрическое оборудование является неотъемлемой частью жизни нашего общества. Поэтому владение в совершенстве эксплуатацией этого оборудования является важнейшим вопросом в настоящее время. В силу многих обстоятельств в нашей стране используется большое количество средств диагностики силового электрооборудования, находящегося в эксплуатации [1]. Но их применение сводится к определению параметров контроля и устранению несоответствий объекта исследования. Тогда как подробный анализ полученных данных и состояний объекта проводится крайне редко. В основном его проведение зависит от субъективных факторов и комплектации и количества АСУ на объекте. Данное положение дел с каждым годом перестает удовлетворять все более увеличивающиеся требования к надёжности электроснабжения. Плохая экономическая ситуация на рынках не позволяет приобретать дорогостоящее высоковольтное оборудование, которое на многих объектах отработало свой нормативный ресурс и в основном было пущено в эксплуатацию в 1960–1980-х гг. Между тем после этого периода большинство российских электрозаводов закрылось из-за отсутствия заказов или работает на грани существования с потерей квалифицирован-

ных кадров. При продолжении такой ситуации через 10 лет старое оборудование будет массово выходить из строя, а новое оборудование заводы восполнить в короткие сроки будут не в состоянии. Поэтому резонно встает вопрос о срочном введении программы замены высоковольтного оборудования. Но делать это необходимо эффективно и грамотно. Для этого всецело используя передовые разработки в области системного анализа и построив новую модель анализа и обработки данных, а также новый подход к управлению эксплуатацией высоковольтного оборудования, решаются поставленные задачи.

В качестве приоритетных методов исследований первичной оценки состояния оборудования, используется его диагностика, как в отключенном, так и в работающем под нагрузкой состоянии. В работе рассматриваются методы исследования трансформаторов, с целью высоковольтных испытаний трансформаторов и с целью хроматографического анализа растворённых газов. Метод высоковольтных испытаний проводится в отключенном и выведенном в ремонт состоянии трансформатора. Он неудобен с точки зрения цикличности замера и сложности отключения трансформатора. Метод хроматографического анализа газов проводится на работающем состоянии трансформатора и очень удобен, так как не зависит от отключения трансформатора, не имеет цикличности и даёт более полную картину о состоянии трансформатора. В работе выбран хроматографический метод.

Для управления данными хроматографического анализа масла разрабатывается система управления состоянием и эксплуатацией электрооборудования. Так как данные о состоянии трансформатора постоянно меняются и зависят от его режима работы, в системе использован искусственный интеллект. Актуальность проблемы использования систем искусственного интеллекта [2] в диагностике высоковольтного электрооборудования для промышленных предприятий определяется важностью в бесперебойном обеспечении электрической энергии, а также наличием сложной структуры преобразования, распределения и потребления с огромным количеством оборудования разного типа. При определении параметров диагностики электрооборудования наиболее широкое применение получают системы, в основе которых используется экспертный регулятор. Такие системы получили название экспертных систем. Экспертные системы решают задачу автоматизации использования базы знаний, накопления опыта конкретных операторов. Несмотря на развитие данного направления в науке, экспертные системы не позволяют в данное время заменить существующие системы на предприятиях электроэнергетики и позволить безошибочно работать эксплуатационному персоналу [3]. Во многом это связано с большим объёмом меняющейся информации об оборудовании и учётом опыта работы конкретных специалистов.

При таком подходе к анализу данных, уже недостаточно одного только их архивирования. Необходима разработка подсистемы в большой системе базы и архивирования знаний, экспертной системы. Все знания хранятся в базе знаний и структурированы по графу знаний. Экспертная система должна подключаться к базе знаний и постоянно обновлять её выводы. Впоследствии она сможет сама вывести необходимый вывод без участия человека. Рассматривая нейросетевые регуляторы и регуляторы с нечётким выводом знаний, выбран экспертный регулятор на основе нечёткого вывода. Обусловлено это неоднозначным выводом экспертного заключения при изменяющейся ситуации. При этом определено количество вершин графа знаний. Оптимальное число вершин для обеспечения непрерывной работы регулятора выбрано нечётным. При таком подходе регулятор сможет самостоятельно накапливать знания на основе выводов экспертов и сохранять их у начала графа знаний, так как сможет вернуться к истоку формирования заданных параметров.

Целью метода является разработка функциональных принципов организации экспертной системы для диагностики электрооборудования. Она должна анализировать неоднозначные ситуации. А также самообучаться новым знаниям из базы знаний и накопленного опыта, и применять эти знания для эффективной [4] эксплуатации электрооборудования.

В условиях эксплуатации преобразовательных трансформаторов в алюминиевом производстве возникают различные режимы работы, такие как прохождение токов короткого замыкания, сверхнормативный срок эксплуатации, режимы резко-переменных нагрузок. Эти режимы требуют постоянного контроля за состоянием преобразовательных трансформаторов. В итоге появляется большой массив данных при различных работах и нагрузках, что требует сопоставления многих параметров и их анализа. Поэтому создание разного рода архивов ускоряет процесс анализа, но не исключает ошибочных выводов и зависит от времени обработки данных экспертом. В данном исследовании предлагается разработать метод сбора и хранения информации в виде графа знаний (рис. 1).

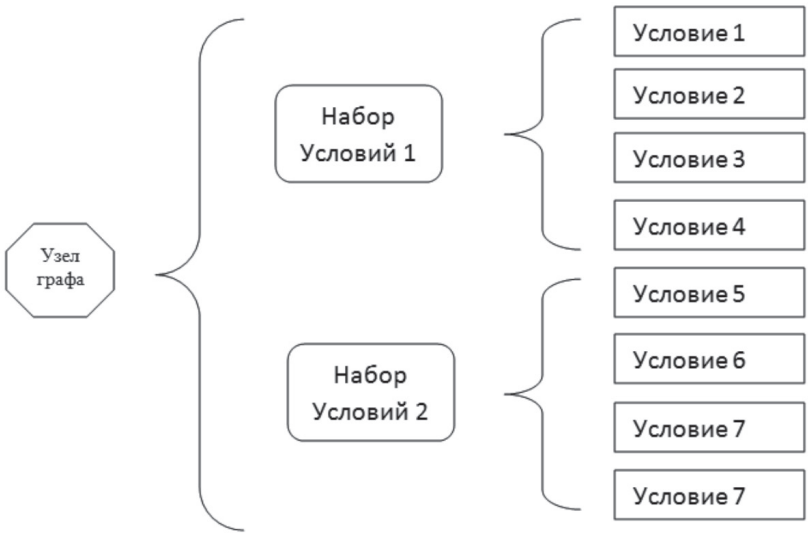


Рис. 1. Узел трехпозиционной части графа

В предложенном графе знаний (рис. 1) расположены три позиции – каждая из своих элементов:

1-я позиция – наименование параметра для оценки. Это величина числовая, например, наличие газов в масле, температура контактов;

2-я позиция – именное число; необходимый оценочный параметр – это свойство объекта. Цвет, наличие примесей характеризующее его как светлое, прозрачное, матовый, грязное или наличие – отсутствие и т.д.

3-я позиция – взаимоотношение от двух предыдущих позиций. Для количественных – «больше» или «меньше» («>», «<») для качественных это условие может быть только «равно» («=»). Нечисловая позиция – связи «больше» и связи «меньше» принимают отношение «неравно» либо отсутствие условия как такового.

Все эти условия уникальны и их сочетания характеризуют уникальность исследуемого объекта. Но если уже есть такое условие, можно просто ввести его повторно.

Далее условия удобно хранятся в таблице позиций объекта.

В результате исследования мы получили отношение «ИЛИ» на двух позициях: между элементами условий и между группами элементов условий (рис. 1). Утверждение «И» – это ребра графа. Наборы условий параметров объекта исследования хранятся в вершинах графа [5].

Результатом программы экспертного регулятора является получение вывода о вариантах состояния эксплуатации оборудования и о вариантах его времени ремонта. В ходе использования система осуществляет движение по узлам и рёбрам графа знаний. В случае, когда достигается ряд определённых условий, операционный регулятор выводит на экран ясный результат. При несовпадении набора условий параметров работы объекта результат выводится неясный и выводится неопределённое решение. Но для его вывода происходит поиск решения – начало определения параметров системы происходит от третьего уровня и так далее до вершины графа. Если не происходит определения параметра, то запускается режим рекурсии. Рекурсия ограничивается 50 повторениями. Причём рекурсия проходит как внутри узлов графа, так и по его рёбрам. Определяющим позиционированием хода от узла – позиции к узлу – подпозиции характеризуется прохождение узлом – позиции проверки узел – позиции с ближайшим ребром к корню дерева. Узел – подпозиции, связанный ребром с данным набором. Каждый узел может иметь одну позицию и более одной подпозиции. Корневой узел не имеет узла – позиции. Конкретный узел проверяется на группу наборов условий. Параметры набора условий будут ясными, если сумма одного набора совпадёт с позициями этой группы. Проверка позиций с числовыми и нечисловыми значениями различна. При проверке наборов позиций с числом необходимо выполнение каждой позиции из набора позиций. Совпадение измерений из набора принимает значения из согласованного в таблице условия.

Условия позиций объекта

Имя условия	Имя параметра	Отношение	Значение параметра
1	Температура	>	100
2	Температура	<	250
3	Состояние	=	удовлетворительно
4	Состояние	=	неудовлетворительно

Правила, записанные в наборы условий графа, формируются по нормативной базе. Нормативная база включает в себя типы и марки электрического оборудования 220 кВ. В основном это электрические характеристики, такие как: мощность, напряжение, сила тока, сопротивление, величина испытательного напряжения и соответствующий ей ток утечки, сопротивление изоляции, омическое сопротивление контактов и обмоток трансформаторов и другие. По трансформаторам в наборы заносятся значения хроматографического анализа газов, растворённый в масле трансформатора, как нормируемые значения, так и экспертные данные. Заносятся данные по химическому анализу масла трансформаторов и т.д. К примеру, измеренное значение тангенса угла диэлектрических потерь может характеризовать загрязнение масла трансформатора. Также температура вспышки – это испаряемость масла. При эксплуатации из-за улетучивания низкокипящих фракций температура вспышки немного увеличивается. В отношении пожарной безопасности огромную роль влияет температура самовоспламенения, при которой при наличии воздуха над поверхностью масла оно может самовоспламениться. Особое значение имеет кислотное число. Количество едкого калия на 1 грамм масла. Данный показатель характеризует степень окисления масла. На трансформаторах 220 кВ измеряется значение частичных разрядов. Измерения проводятся методами электрическими и акустическими. Данные заносятся в наборы условий и указывается их допустимый диапазон. Значения контролируемого электрического оборудования 220 кВ заносятся в таблицу ввода данных экспертного регулятора. Далее данные начинают сравниваться с условиями правил по алгоритму работы, основанному структурно на графе знаний. Проверка позиций с нечисловыми параметрами сводится к совпадению хотя бы одной позиции из наборов позиций. В случае неудачной проверки узла-подпозиции, т.е. когда неясный результат позиций, включается реверс программы в набор-позиции. Ход программы переходит к набору-позиции. Результатами работы могут быть ясные и неясные решения, в любом случае результат выводится на экран оператора.

Ясный результат помогает заново сформировать и укрепить базу знаний [6], а неясный позволяет оператору внести соответствующие коррективы и записать знания в параметры набора, что и позволяет обучать экспертный регулятор.

В узле графа хранятся наборы условий, которые отвечают разным правилам, позволяющим оценить состояние оборудования. Правила заносятся экспертами, так же как и наборы условий. Также правила могут сформироваться от наборов условий. При сопоставлении результатов базы знаний с исходными данными методом сравнения и подбора разных наборов условий они сформируются с учётом однозначности определения того или иного правила. Однозначность правила помогает сформировать чёткий вывод результатов, который отвечает за качество определения вывода. Данный метод закладывается в основу работы экспертного регулятора. Экспертный регулятор представляет собой систему хранения, обработки и анализа информации. Основу его составляет обширная база знаний и сформированные экспертами правила, состоящие из наборов условий. Правила занимают места в вершинах графа знаний. Сам регулятор содержит графы знаний с нечётным количеством вершин N1. В вершинах графа знаний также содержатся правила по определённым параметрам состояния оборудования (рис. 2).

На рис. 2: при ясном результате набор является соответствующим. Объединяющие линии ребра N2 графа знаний несут функцию логики «И». Если все наборы будут истинными, то только в этом случае граф знаний считается истинным. Все узлы графа не будут иметь значения, если набор будет неясным.

База знаний используется экспертным регулятором для совпадающего набора условий. Вся эта статистика укладывается в рамки одного набора. Наборы условий содержат в себе много похожих ситуаций. Значит, результат может быть достигнут ясный и вывод о работе оборудования будет качественным. Для увеличения скорости работы системы и исключения повторов по пути следования программы операционного регулятора, количество вершин графа знаний должно быть нечётным.

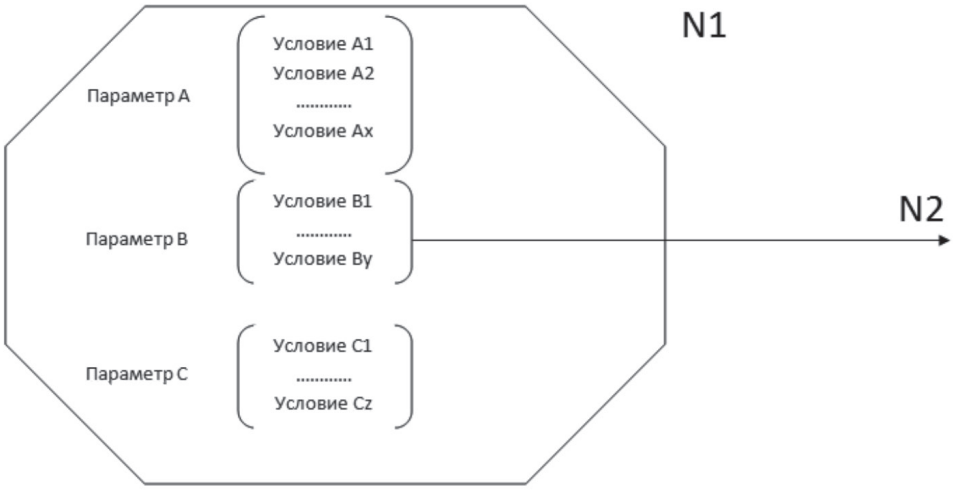


Рис. 2. Набор правил

Нетрудно представить, что ситуаций сравнения будет много, в которых это правило имеет место быть. Те ситуации, которые происходили, накапливаются в статистике экспертного регулятора. Для оценки повышения качества правил экспертного регулятора необходимо обозначить критерии, по которым мы сможем оценить их результативность. При его работе будет набираться статистика, результатами которой будет являться критерий – оценка его работы при ясных результатах и оценка при неясных результатах. Для более полного отчёта рассматриваются все факты.

В заключение надо сказать, что разработанный метод оценки эксплуатационных параметров электрооборудования и трансформаторов напряжением 220 кВ с помощью базы знаний экспертного регулятора позволяет получить достоверную информацию о техническом состоянии и обоснованно выбрать рациональный срок проведения профилактических работ. При наличии новых правил происходит самообучение экспертного регулятора и его базы знаний. Таким образом, все знания структурируются и находятся в упорядоченных правилах, отвечающих определённым параметрам состояния оборудования. Такой способ позволяет качественно и быстро определить чёткий вывод результатов и исключить ошибки операторов.

Список литературы

1. Вильданов Р.Г. Перспективы внедрения интеллектуальной электрической сети в России / Р.Г. Вильданов, Е.И. Буланкин // Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля. Материалы Международной научно-методической конференции / редкол.: Н.Г. Евдокимова и др. – Уфа: изд-во УГНТУ. – 2016. – С. 150–153.

2. Пупков А.Н. Двухконтурное управление линейными динамическими системами и настройка параметров типовых регуляторов с использованием непараметрической модели / Н.Ф. Телешева, Р.Ю. Царев, А.В. Чубаров, О.В. Шестернева // Проблемы управления. – Красноярск: ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», 2013. – 190 с.

3. Power D. J., Sharda R., Burstein F. Decision support systems. – John Wiley & Sons, Ltd, 2015.

4. Михеев М.Ю., Прокофьев О.В., Семочкина Ю.И. Методы анализа данных и их реализация в системах поддержки принятия решений: учебное пособие. – Пенза, 2014. – С. 118.

5. Добаев А.З. Использование методов математической статистики для анализа данных систем учета электроэнергии // Материалы VI международной конференции «Молодые ученые в решении актуальных проблем науки». – Владикавказ: Литера, 2014. – С. 37–41.

6. Остроух А.В. Интеллектуальные системы: уч. пособие. – Красноярск: Научно-инновационный центр, 2015. – 110 с.

УДК 004.91:005.92

АНАЛИЗ ИНФОРМАЦИИ ТЕКСТОВЫХ ДОКУМЕНТОВ ПРЕДПРИЯТИЙ МИКРОЭЛЕКТРОННОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

[1,2]Черников Б.В., [3]Кремер Е.А.

[1]ООО «Газпром ВНИИГАЗ», Москва, e-mail: bor-cher@yandex.ru;

[2]Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова, Москва;

[3]Национальный исследовательский университет «МИЭТ», Москва, e-mail: kremerea@gmail.com

Управленческая и конструкторская деятельность в микроэлектронной промышленности осуществляется с помощью документов. Документооборот в большинстве случаев осуществляется в бумажном виде. Однако в связи с ростом числа и объема накопленных документов возникает проблема хранения и подготовки документов. В связи с этим особый интерес начинают представлять автоматизированные процедуры формирования документов, которые позволяют не только сократить время на создание документа, но и значительно уменьшить его объем хранения в электронном виде. На предприятиях микроэлектронной промышленности используются различные системы документации. Стандартизация осуществляется за счет нормативных документов. Вследствие разнородности документов, используемых на предприятии, требуется их анализ с целью выявления их информационного состава, определения соотношения постоянной и переменной информации в них, а также последующей их обработки. Помимо этого необходимость анализа информационного состава документации обуславливается возможностью применения различных алгоритмов для решения проблемы хранения и подготовки. Информационный анализ позволил определить процентное соотношение постоянной и переменной информации для каждого документа в отдельности, а также сделать обобщение на все типы документов. Данный анализ позволяет сделать вывод, что многие документы относятся к слабоформализуемым. В связи с этим для решения вышеозначенной проблемы целесообразно использовать лексикологический синтез. Данный факт позволяет в дальнейшем при использовании лексикологического синтеза попробовать применить новые способы формирования индексной последовательности с целью еще большего уменьшения объема готового документа.

Ключевые слова: документ, постоянная информация, переменная информация, лексикологический синтез, слабоформализуемый документ, хранение

ANALYSIS OF TEXT DOCUMENTS INFORMATION AT ENTERPRISES OF MICROELECTRONIC INDUSTRY

[1,2]Chernikov B.V., [3]Kremer E.A.

[1]LLC «Gazprom VNIIGAZ», Moscow, e-mail: bor-cher@yandex.ru;

[2]Plekhanov Ryssian University of Economics, Moscow;

[3]Moscow Institute of Electronic Technology, Moscow, e-mail: kremerea@gmail.com

Management and design actions in the microelectronic industry are carried out with the help of documents. Document management is performed in paper form in most cases. However, due to the growth of the number and volume of accumulated documents, the problem of storing and preparation of documents arises. In this case, the automated procedures of documents' formation begin to be a subject of special interest. The most interesting aspects of this problem are procedures, which allow not only to reduce time for creation of the document, but also to considerably reduce its volume of storage in electronic form. Various documentation systems are used at the enterprises of microelectronic industry. Standartization is carried our through regulatory documents. In case of heterogeneity of the documents used at the enterprise their analysis is required in order to identify their information composition, determine the ratio of constant and variable information in them, as well as their subsequent processing. Besides importance of the information content of documentation analysis is conditioned by the possibility of applying various algorithms to solve the storage and preparation problem. Information analysis allowed to determine the percentage of constant and variable information for each document separately, and also to make a generalization to all types of documents. This analysis allows concluding that many documents are slightly formalized. The implementation of lexicological synthesis can provide a way to solve this problem. This fact allows further using lexicological synthesis to try to apply new ways of forming an index sequence with the aim of further reducing the volume of the finished document.

Keywords: document, permanent information, variable information, lexicological synthesis, slightly formalized document, storage

В настоящее время документооборот на предприятиях в большинстве случаев осуществляется в бумажном виде, несмотря на широкое распространение персональных компьютеров и применение на предприятиях систем электронного документооборота. Данный факт обуславливает необходимость наличия архива бумажных документов значительных объемов.

Преобладание бумажных документов над электронными копиями определяется рядом причин, к которым можно отнести следующие:

- требования документов, регламентирующих документооборот внутри предприятия (помимо внутренних стандартов предприятия сюда входят государственные и ведомственные стандарты);

● недостаточное распространение электронных средств защиты текстовых документов, таких как электронная подпись;

● требования предоставления документов регулирующим органам, вышестоящим организациям и партнерам в бумажном виде;

● высокая юридическая значимость.

Создание, редактирование и подготовка документов осуществляется при помощи различных программ, среди которых преобладают Microsoft Word, OpenOffice Writer и LibreOffice Writer. Данные программы при всех преимуществах имеют ряд недостатков:

● возможность появления ошибок вследствие человеческого фактора при наборе документа с клавиатуры;

● недостаточная полнота документов;

● большой объем работ, который необходимо выполнить при создании и подготовке документа.

Персональные компьютеры часто используются на предприятиях лишь в качестве печатных машинок, а локальная сеть предприятия – в роли файлообменника. Следствием является недостаточная эффективность использования персональных компьютеров внутри предприятий.

При подготовке документов высокая скорость набора символов не обуславливает быструю готовность документа. Значительная часть времени уходит на поиск нужной информации, компоновку, многократную пересылку документов между исполнителями, согласование различных аспектов, а также утверждение различными отделами, которые имеют отношение к документу. Исправить создавшееся положение можно, пересмотрев традиционные процедуры подготовки документов. Процесс документирования информации должен отвечать следующим требованиям:

● максимальная формализация;

● минимальное время создания документов;

● автоматизация формирования конкретного документа при слабой его формализации.

Данные требования соответствуют российским и европейским стандартам [1, 2]. Большое значение имеет простота использования и производительность, что отвечает требованиям открытых стандартов.

Актуальность и цель исследования

Во множестве публикаций рассматривались вопросы информационного и документационного обеспечения на предприятиях. Зачастую рассматриваются вопросы, связанные с электронным документооборотом. Целью данных публикаций являлось повышение эффективности обработки, циркулирования и обмена электронными документами внутри предприятия, а также создание эффективных систем поиска по текстовым документам. Также рассматриваются проблемы поиска новых, более эффективных способов сжатия объема электронных документов при хранении. В работе [3] проводится поиск оптимальных методов и алгоритмов сжатия для различных типов текстовых файлов. В работах [4, 5] затрагивается вопрос повышения безопасности информационных систем.

В связи с текущим состоянием документационного обеспечения на предприятиях микроэлектронной промышленности необходимы исследования в области технологий автоматизированного формирования документов. Актуальность исследований в этом направлении обусловлена необходимостью уменьшения объемов электронных документов при их хранении, а также реализацией государственной программы «Информационное общество» [6], которая направлена на ускорение внедрения информационных технологий во все сферы деятельности и решения следующих задач:

● повышение эффективности государственного управления;

● повышение информационной открытости власти;

● развитие информационных технологий;

● развитие информационных систем (порталов);

● увеличение числа квалифицированных специалистов;

● максимальное использование интеллектуального потенциала.

Важной проблемой на современных предприятиях микроэлектронной промышленности является необходимость увеличения объемов систем хранения данных (СХД), поскольку количество создаваемых документов постоянно растет, а потребность в хранении более старых документов никуда не пропадает. Бесконечно увеличивать объемы СХД невыгодно как с экономической, так и с технологической точки зрения, поскольку это влечет за собой траты на техническое обеспечение, на увеличение площадей, занимаемых СХД, а также на обслуживание данного парка техники. Поэтому целесообразно уменьшать объем самих документов. Для уменьшения объема документов применяют сжатие данных. Сжатие данных – это преобразование, выполняемое в пределах одного файла по определенному алгоритму. В основе сжатия данных лежит принцип устранения избыточности, которое выполняется посредством замены длинных последовательностей более мелкими.

Недостатком сжатия файлов является необходимость наличия уже готового файла к началу выполнения процедуры сжатия. При использовании такого метода нельзя сжимать файл в процессе его создания, а значит, есть возможность перехвата текстового документа злоумышленником, когда файл еще не защищен.

Для сокращения объема документов, которые создаются в различных предприятиях, можно применять лексикологический синтез. Особенно эффективен он при создании слабоформализуемых документов. Слабоформализуемые документы – полнотекстовые, табличные или смешанные документы, содержание которых существенным образом связано с произвольной, меняющейся в каждой конкретной ситуации структурой [7].

Так как внедрение лексикологического синтеза связано с использованием информации, содержащейся в документах микроэлектронной промышленности, то необходим информационный анализ данных документов.

Целью данной статьи является анализ информации, содержащейся в документах предприятия микроэлектронной промышленности.

Состав документации предприятия микроэлектронной промышленности

Автоматизация документооборота предприятия заключается в комплексном подходе к решению задач разработки, согласования, распространения, поиска и архивации документов. Основным объектом в этом процессе является документ [8].

Процесс документооборота рассматривается как движение документов с момента их создания или получения до завершения исполнения, отправки адресату или передачи в архив [9]. Структура документационного обеспечения управления (ДОУ) отражена на рис. 1.

На предприятиях микроэлектронной промышленности, как правило, используют различные системы документации (таблица). Для стандартизации применяют систему нормативных документов, к которым относятся государственные стандарты, отраслевые стандарты, стандарты предприятий.

Состав унифицированной системы документации

Вид документации	Документы
Организационно-распорядительная	Кадровая документация Приказы Штатное расписание
Организационно-правовая	Устав организации Должностные инструкции Регламенты
Информационно-справочная	Служебные записки Справки Акты
Плановая	Финансовые планы Бизнес-планы Производственные планы Планы развития
Учетная	Накладные Табели Книги учета
Отчетная	Отчеты подразделений Сводные отчеты

Рис. 1. Структура документационного обеспечения управления предприятием

Ряд документов можно создавать с помощью программных продуктов, сопровождающих создание конструкторских образцов. К такой документации относятся документы, связанные со строго унифицированными компонентами. Значительная часть документов относится к технологической документации (Единая система технологической документации и ГОСТы серии 3). Такие документы формируются при организации и поддержке производственных процессов, причем программные продукты не предусматривают возможности создания эксплуатационной, ремонтной, а часто и непосредственно технологической документации. Поэтому, исследуя возможности уменьшения размеров электронных документов во время хранения, особое внимание следует уделить технологическим, эксплуатационным и ремонтным документам.

Информационный состав документации. Категорирование типов информации

Объем и содержание информации в документе могут изменяться. Наличие или отсутствие информации в документе зависит от различных факторов. Стандартных совпадающих ситуаций практически не существует.

Для исследования возможности применения тех или иных алгоритмов уменьшения размера документов необходимо проанализировать структуру содержащейся в них информации. Вся информация традиционно делится на постоянную и переменную. Постоянная информация – неизменная информация, которая используется в течение длительного периода времени без каких-либо изменений. Данный тип информации может содержаться, например, в справочных или нормативных данных, а также во всех шаблонных заготовках документов. Переменная информация отражает фактические количественные и качественные характеристики деятельности предприятия, которые необходимо закрепить в документе. К переменной информации можно отнести всю информацию, которую необходимо вводить в документ при каждом его заполнении. Комплект технической документации на предприятии включает в себя следующие группы [10]:

- конструкторские документы (Единая система конструкторской документации (ЕСКД) и нормативная документация (ГОСТы серии 2);
- технологические документы (Единая система технологической документации (ЕСТД), ГОСТы серии 3);
- программные документы (на автоматизированные системы, регламентируются ГОСТами серии 34; на программные продукты – ГОСТами серии 19);
- эксплуатационные документы;
- ремонтные.

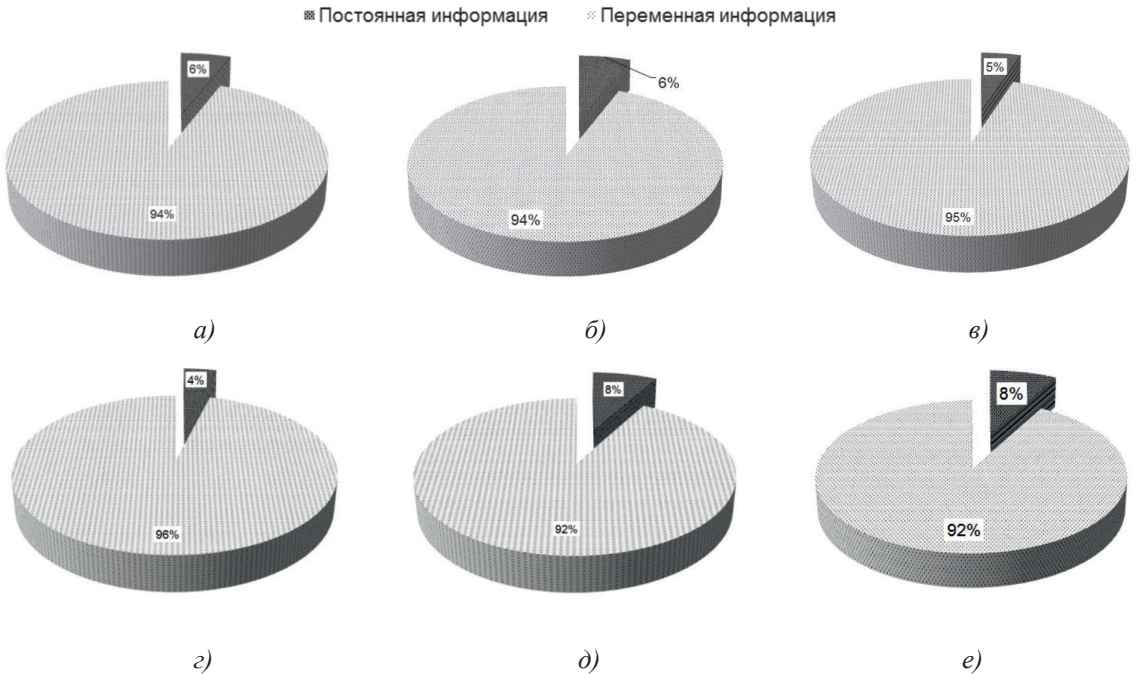


Рис. 2. Состав информации по документам: а) акт о готовности оборудования; б) акт о браке продукции; в) акт о передаче дел увольняемого руководителя; г) акт передачи оборудования в ремонт: д) акт предписаний; е) усредненное распределение информации по документам

Помимо технической документации на предприятии существуют также организационно-распорядительные и информационно-справочные документы. Первые можно отнести к наиболее стандартизированным, поскольку они значительно унифицированы по форме и содержанию. Информационно-справочные документы включают в себя различные справки, сводки, отчеты и протоколы.

Содержание постоянной и переменной информации различных документов предприятия показано на рис. 2.

При уменьшении объема документов существенный выигрыш может дать наличие большого объема постоянной информации, так как это позволит использовать возможность замены достаточно большой последовательности маленькой последовательностью при хранении однотипных документов. Однако, исходя из проведенного анализа видно, что объем постоянной информации по сравнению с переменной невелик, что не позволяет использовать преимущество постоянной информации. Очевидно, что все рассмотренные документы можно отнести к слабоформализуемым, поскольку доля постоянной информации в них мала.

Лексикологический синтез как способ уменьшения объема слабоформализуемых документов

Многие документы, которые используются на предприятиях электронной промышленности, относятся к слабоформализуемым. Их содержание меняется в зависимости от конкретной ситуации. Наполнением данных документов могут быть текст, таблицы, а также смешанные варианты. Данные документы отличаются высокой вариативностью. Поэтому их структуризация требует разбиения этих документов на фрагменты вплоть до отдельных слов, чтобы иметь возможность рассматривать все варианты отдельных частей документа, и, следовательно, иметь представление о вариативности той или иной части документа и адекватно формировать соответствующие фрагменты.

Для сокращения объема слабоформализуемых документов для повышения эффективности сжатия данных целесообразно использовать возможности лексикологического синтеза, что, однако, требует пересмотра не только способов создания документов, но и изменения классификации типов используемой информации [11]. Лексикологический синтез документов позволяет существенно сократить объем слабоформализуемых документов, что достигается благодаря формированию индексной последовательности на основе лексикологического дерева с последующим ее сохранением с целью восстановления документа при необходимости. Итоговый документ в сохраняемом варианте представляет собой индексную последовательность, что значительно сокращает его объем по сравнению с традиционными представлениями электронных текстовых документов. Измененный алгоритм формирования индексной последовательности, используемый во время синтеза, позволит еще больше сократить объем сохраняемых и передаваемых по сетям связи текстовых документов. Для этого необходимо создать эффективный алгоритм формирования индексной последовательности, разработать методологию автоматизации процесса ее формирования и единую технологию обработки документов на основе нового алгоритма формирования индексной последовательности.

Заключение

1. Исследован информационный состав документов микроэлектронной промышленности. Данный анализ позволил отнести многие документы, применяемые на предприятиях микроэлектронной промышленности, к разряду слабоформализуемых.

2. Отнесение документов к разряду слабоформализуемых позволяет применять лексикологический синтез с целью ускорения процесса формирования документов, а также уменьшения объема их хранения.

Список литературы

1. Model Requirements for the Management of Electronic Records (MoReq 2). – France: European Communities. – 2008. – P. 212.

2. Modular Requirements for Records Systems (MoReq 2010). – CECA-CEE-CEEA, Bruxelles-Luxembourg. – 2011. – P. 520.

3. Петрянин Д.Л., Юрков Н.А. Сжатие текстовых данных // Труды Международного симпозиума «Надежность и качество». – Пенза: Пензенский государственный университет. – 2014. – Т. 1. – С. 328–330.

4. Шаньгин В. Защита информации в компьютерных системах и сетях. – М.: Litres, 2017. – 593 с.

5. Андрианов В. и др. Обеспечение информационной безопасности бизнеса. – М.: Litres, 2017. – 450 с.

6. Государственная программа Российской Федерации «Информационное общество (2011–2020 годы)» (утверждена постановлением правительства Российской Федерации от 15.04.2014 № 313) // Собрание законодательства РФ, 05.05.2014, № 18 (2 ч.), ст. 2159.

7. Черников Б.В., Кремер Е.А. Проблемы хранения и защиты слабоформализуемых документов на предприятиях микроэлектронной промышленности // Информатизация и связь. – 2017. – № 4. – С. 165–171.

8. Федеральный закон от 27 июля 2006 года № 149-ФЗ «Об информации, информационных технологиях и о защите информации» // Собрание законодательства Российской Федерации, 31.07.2006, № 31 (ч. 1), ст. 3448.

9. Черников Б.В. Информационный анализ документации промышленных предприятий // Вестник машиностроения. – 2013. – № 3. – С. 74–78.

10. Глаголев В.А. Проблемы стандартизации и повышения качества разработки технической документации на современную промышленную продукцию приборостроения // Менеджмент качества. – 2008. – № 4. – Ч. 1.– С. 68–78. – 2009. – № 1. – Ч. 2. – С. 57–65.

11. Черников Б.В. Способ автоматизированного лексикологического синтеза документов. – Патент РФ № 2253893, 2005.

УДК 665.77:678.048

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ БИТУМНОГО ВЯЖУЩЕГО С ДОБАВКАМИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ КАУЧУКОВ

Шевченко В.А., Киселев В.П., Серватинский В.В., Терехова И.И., Кеменев Н.В.
ФГАОУ ВПО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: kafsmi@mail.ru

В настоящей статье приведены данные по исследованию свойств битумного вяжущего с добавками низкомолекулярных каучуков. Результаты исследования можно использовать в производстве асфальтобетона и герметиков. Битум, выпускаемый на нефтеперерабатывающих заводах, характеризуется интервалом пластичности 62–66 °С, недостаточным для эксплуатации дорожного покрытия в климатических условиях большинства территорий РФ. Модифицирование битума высокомолекулярными эластомерами затруднительно из-за плохой совместимости полимера и битума. Его осуществляют путём предварительного растворения эластомера в индустриальном масле. Состав добавляемой композиции: 10–15 % эластомера и 85–90 % масла, являющегося пластификатором битума. При модификации подобным раствором битума размывается эффект от добавления полимера. Кроме этого, за малым исключением высокомолекулярные эластомеры (полибутадиены, сополимеры дивинила со стиролом) не имеют в своём составе реакционноспособных функциональных групп, поэтому модифицированный битум на их основе характеризуется невысокой адгезией к каменным материалам. Повысить качество модифицирования битума можно путём применения в качестве эластомеров низкомолекулярных каучуков с активными нитрильными и карбоксильными функциональными группами. Проведенными исследованиями установлено, что в сравнении с исходным битумом модифицированный битум имеет более широкий интервал пластичности, что позволит повысить теплостойкость и морозостойкость асфальтобетона. Качество получаемого модифицированного битума по большинству показателей соответствует нормативным документам, а по некоторым температура хрупкости, растяжимость при 25 и 0 °С, эластичность, сцепление с известняковым щебнем превышает требования стандарта.

Ключевые слова: битум, низкомолекулярный каучук, модифицирование, адгезия, функциональные группы, устойчивость к старению

THE BITUMEN BENDING PROPERTIES STUDY WITH THE ADDITIVES OF LOW-MOLECULAR RUBBER

Shevchenko V.A., Kiselev V.P., Servatinskiy V.V., Terekhova I.I., Kemenev N.V.
Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: kafsmi@mail.ru

In the present article, the data are presented on the bituminous binder properties study with the additives of the low molecular rubbers. The results of the study can be used in the asphalt concrete and sealants processing. The bitumen produced in the oil refineries is characterized by a plasticity interval of 62-66 °C which is insufficient for the road surface maintenance in the climatic conditions of the most of the Russian Federation. The modification of bitumen is complete due to the poor compatibility of the polymer and bitumen by the high-molecular elastomers. It is carried out by the pre-testing dissolving of the elastomer in the industrial oil. The speciation of the admixed composition: 10-15 % is the elastomer and 85 – 90 % is the oil which is a plasticizer of the bitumen. When a similar solution is modified into bitumen the effect of polymer addition is smeared out. In addition, with a small exception, the high-molecular elastomers (polybutadienes and copolymers of divinyl with the styrene) do not have reactive functional groups in their composition; therefore, the modified bitumen based on them is characterized by the low adhesion to the stone materials. The quality of bitumen modification can be improved by using the low-molecular rubbers with active nitrile and carboxyl functional groups as the elastomers. It has been established that in comparison with bitumen the modified bitumen has a wider plasticity range which will improve the heat resistance and frost resistance of the asphalt concrete. The quality of the resulting modified bitumen is in accordance with the normative documents for the most indicators and for some there are: the temperature of brittleness, stretchability at 25 and 0 °C, elasticity and adhesion with the limestone crushed stone exceeds the requirements of the standard.

Keywords: bitumen, low-molecular rubber, modification, adhesion, functional groups, resistance to aging

Для улучшения свойств органических вяжущих – нефтяных дорожных битумов применяют различные модификаторы: полимеры – пластмассы и каучуки, поверхностно-активные вещества (ПАВ), антиоксиданты, антирады, биоциды, фунгициды и др. Как правило, они все оказывают положительное воздействие на определённые свойства вяжущего. Но при этом они оказывают и негативное влияние если не на свойства вяжущего напрямую, то уж косвенно на свойства асфальтобетона или на сам технологический процесс приготовления и укладки асфальта. Поэтому не нужно рассматривать модификаторы как супертаблетку для улучшения всего комплекса свойств битума. Нужно исследовать влияние различных по химическому составу и природе модификаторов, а полученные данные использовать в конкретных случаях улучшения определённых свойств вяжущего.

Для модификации свойств гудрона, битума и, соответственно, повышения качества асфальтобетона рекомендовано применять добавки полимеров [1, 2]. Это в первую очередь каучуки и эластомеры [3]. Их полезное (модифицирующее) действие заключается в изменении структуры би-

тума как вяжущего [4, 5]. Макромолекулы эластичного полимера создают пространственную сетку в массе битума, придавая последнему свойства эластомера. Возрастает эластичность вяжущего, а поскольку полимеры обладают высокими температурами размягчения, то они повышают температуру размягчения битума. Теплостойкость изделий на основе битума при этом возрастает. Высокая морозостойкость абсолютного большинства полимеров в случае добавления в битумное вяжущее может способствовать снижению температуры хрупкости и повышению трещиностойкости асфальтового покрытия. Однако для достижения нужного эффекта при добавлении полимеров в битумное вяжущее требуется решить две проблемы.

Проблемой является совмещение полимерных материалов с битумом. При добавлении в битум полимерного модификатора необходима полная гомогенизация компонентов. Она может происходить при истинном растворении полимера в мальтенах битума или осуществляться на коллоидном уровне. Возможно состояние системы, когда частицы полимера не растворяются, не плавятся и не набухают в битуме, но при этом равномерно распределяются в битуме, создавая структурную сетку. В последние годы предложены различные способы введения эластомеров в битумы [6, 7]. Однако, несмотря на успехи в этом вопросе, высокомолекулярные полимеры, как правило, не растворяются в битуме. Известно, что чем больше молекулярная масса полимера, тем хуже происходит объединение полимера с битумом. В этом случае полимер предварительно растворяют в органических растворителях: толуоле, бензоле, гудроне или чаще всего в индустриальном масле. Становится затруднительным оценить положительное действие полимерной добавки, но даже и в этом случае необходим подбор полимерной добавки с оптимальной молекулярной массой. При этом нужно учитывать свойство олигомеров с низкой молекулярной массой разжижать битум, увеличивая пенетрацию битума, переводя битум в другую марку [7]. Интерес представляет использование низкомолекулярных эластомеров со специально подобранной молекулярной массой. Это обеспечит полную гомогенизацию модифицированного вяжущего (далее МВ).

Другой проблемой является обеспечение активного взаимодействия МВ с каменными материалами. Все полимеры и эластомеры, имеющие в структуре лишенный функциональных групп углеводородный скелет, не способны к хемосорбционному взаимодействию с поверхностью каменного материала. Известно, что для улучшения сцепления (адгезии) битума к каменным материалам асфальтобетона в полимерный модификатор вводят (или используют уже имеющийся материал) функциональные группы. Карбоксильные для повышения адгезии к каменным материалам основных пород, аминные и нитрильные – к каменным материалам кислых пород. Поэтому предпочтительно использовать низкомолекулярные гомополимеры или сополимеры с невысоким содержанием других элементарных звеньев с концевыми и обрамляющими функциональными группами.

Цель работы заключалась в исследовании свойств дорожного битума, модифицированного низкомолекулярными бутадиен-нитрильными каучуками с концевыми и обрамляющими карбоксильными группами с точки зрения использования его для получения материала, обладающего необходимым комплексом дорожно-строительных свойств.

Материалы и методы исследования

В работе использовали битум Ачинского НПЗ марки БНД 90/130 ГОСТ 22245-90. Для модификации свойств вяжущего использовали отходы переработки в изделия низкомолекулярных сополимеров бутадиена с нитрилом акриловой кислоты с концевыми и обрамляющими карбоксильными группами на концах макромолекулярной цепи СКН-10 КТР, СКН-30 КТРА с молекулярной массой $3{,}5*10^3$ и $4{,}7*10^3$ соответственно Содержание концевых и обрамляющих групп 2,6–3,3 %, антиоксидантов 1,5–2,5 %.

Модификацию битума проводили путём перемешивания компонентов в металлической ёмкости (объёмом 1 л) при температуре 120 °С в течение 30 мин. Указанные параметры эксперимента обеспечивали полную гомогенизацию компонентов, хотя визуально образцы СКН-30 КТРА, имеющие большее содержание нитрильных звеньев, на первой стадии растворения растворялись медленнее, чем СКН-10 КТР.

При исследовании свойств битума и МВ и влияния низкомолекулярных каучуков на старение вяжущих использовались стандартные методы испытания:

Спектры ЭПР проб регистрировались при комнатной температуре на спектрометре ELEXSYS E-580 фирмы Bruker(ФРГ) в режиме CW. Образцы битума и МВ помещали в кварцевые ампулы для регистрации спектров ЭПР. Сигнал от катионов Fe3+ в стекле (в области g = 4,3) использовался в качестве внешнего эталона. В качестве внутреннего эталона использовался сигнал от стабильного парамагнитного комплекса [V=O порфирин], содержащегося в качестве примеси в битуме. Прогрев образцов проводился при температуре 163 °С при времени выдержки до 5 часов в токе влажного газообразного кислорода.

ЭПР-исследования были проведены в Федеральном исследовательском центре Красноярского научного центра СО РАН, сотрудникам которого авторы выражают благодарность.

Таблица 1

Физико-механические показатели исходного и модифицированного битума

Битум 90/130 с добавкой каучуков *СКН-10 КТР, **СКН-30 КТРА, мас.%	Температура, °С		Интервал пластичности, ^{E}С	Глубина проникания иглы при 25 °С/0 °С, 0,1 мм ГОСТ 11501	Растяжимость при 25 °С/0 °С, см ГОСТ 11505	Эластичность при 25 °С, % ГОСТ 11505	Сцепление с поверхностью карбонатного щебня ГОСТ 11508-75
	хрупкости по Фраасу ГОСТ 11507	размягчения по КиШ ГОСТ 11506					
0	–21	44	65	124/29	57/5,6	5	Удовлетворительное
*2	–25	47	72	126/32	78/18	27	Хорошее
*3	–31	48	79	128/35	86/28	46	Отличное
*4	–37	52	89	130/42	>100/34	57	Отличное
*8	–24	54	78	162/83	77/33	28	Удовлетворительное
**2	–25	48	73	127/24	87/23	39	Хорошее
**3	–29	59	88	129/33	90/30	65	Отличное
**4	–36	64	100	134/37	>100/39	74	Отличное
**8	–23	51	74	183/75	82/41	51	Удовлетворительное
0 после старения	–16	49,5	65,5	67	–	—	–
*4 после старения	–34	54,5	88,5	84	–	–	–
**4 после старения	–31	67,0	98,0	89	–	–	–

Результаты исследования и их обсуждение

С целью оценки влияния низкомолекулярных сополимеров бутадиена и нитрила акриловой кислоты с концевыми и обрамляющими карбоксильными группами на качество вяжущего были изучены физико-механические свойства получаемых МВ. Результаты определения приведены в табл. 1. Применение добавок в количестве 2–4% мас. увеличивает растяжимость модифицированного вяжущего при 25 °С и при 0 °С и, что особенно важно, его эластичность, а также сцепление с каменным материалом. Это можно объяснить следующими фактами, вытекающими из характеристики используемых в работе в качестве модификаторов отходов каучуков СКН-10 КТР, СКН-30 КТРА. Они относятся к группе КЖ-2 структуры X–R_n–X. Каучуки жидкие (КЖ) – низкомолекулярные аналоги природного и синтетического каучуков, обладающие текучестью при положительной температуре внешней среды. Структурные звенья этих продуктов являются такими же или подобными звеньям высокомолекулярных термопластичных каучуков. Поэтому в отличие от других добавок при структурировании КЖ образуют не твердые и неплавкие продукты сшитой структуры, а материалы и изделия с той или иной эластичностью, отсюда их часто называют еще эластогенами. Этим можно объяснить увеличение растяжимости и эластичности МВ. Качество сцепления исходного битума с поверхностью щебня удовлетворительное, при применении в качестве модификаторов СКН-10 КТР и СКН-30 КТРА в умеренных концентрациях оно повышается до хорошего и отличного за счёт наличия в их структуре активных функциональных групп. Следует отметить, что различие в содержании нитрильных звеньев в основном сказывается на растворимости данных добавок в битуме, а также на увеличении в большей степени температуры размягчения и эластичности. На эти же свойства может частично влиять и несколько большая (на 23,4%) величина молекулярной массы.

Как видно из данных табл. 1, оптимальным содержанием низкомолекулярных каучуков в битуме является 4% мас. При таком содержании добавок температура хрупкости достигает больших отрицательных значений, что позволит повысить морозостойкость вяжущего и изделий из него. Температура размягчения 52 и 64 °С, более высокая в изученном интервале концентраций добавок, позволит повысить теплостойкость изделий из вяжущего. В случае использования в опытах 4% концентрации СКН-30 КТРА пенетрация при 25 °С – $П_{25}$ (глубина проникания иглы в битум при 25 °С) незначительно выходит за рамки нормы по $П_{25}$ для марки БНД 90/130 и не повлияет на процесс получения асфальтобетонных смесей и других материалов на основе битума.

Следовательно, данные низкомолекулярные сополимеры бутадиена и нитрила акриловой кислоты с концевыми и обрамляющими карбоксильными группами при оптимальном содержании в композиции в количестве 4% мас. позволяют добиться существенного улучшения всех физико-механических свойств вяжущего.

При 8%-ной концентрации добавок указанных каучуков (которую можно считать чрезмерной) при сохранении и даже улучшении по сравнению с исходным битумом таких показателей, как температура хрупкости, температура размягчения, растяжимость при 0 и 25 °С, эластичность наблюдается эффект разжижения битума. Это заметно по увеличению пенетрации МВ. Пенетрация увеличивается в 1,31 и 1,47 раза. Снижается в том числе и адгезия ПБВ к поверхности каменного материала.

Для выбранной оптимальной концентрации (4%) показатели свойств определялись до и после испытания на старение. Устойчивость к старению оценивали по убыли массы образцов битума и МВ, а также изменению пенетрации и температуры размягчения после прогрева в условиях испытания по ГОСТ 18180-72 и ОДМ 218.2.004-2006. Образцы битума и полученных МВ выдерживали в чашках Петри (толщина слоя 4 мм) при 163 °С в течение 5 час. При этом происходит термодеструкция (старение) образцов, что сказывается на изменении пенетрации, температуре размягчения и убыли массы. Результаты представлены в табл. 1.

Исследования показали, что убыль массы образца битума после старения составляла 1,52%, а изученных образцов МВ с добавками СКН-10 КТР и СКН-30 КТРА соответственно 0,82% и 0,86% при 4%-ной концентрации добавки. Остаточная пенетрация образцов исходного битума, МВ (с СКН-10 КТР) и МВ (С СКН-30 КТРА) после испытания составила соответственно 54,01; 64,61; 66,41%, что намного лучше, чем рекомендовано отраслевыми рекомендациями ОДМ 218.2.004-2006 (43%, не менее). Изменение температуры размягчения после старения как для обоих образцов МВ, полученных с использованием низкомолекулярных каучуков не выходит за пределы Δ3 °С, в то время как температура размягчения битума изменяется на 5,5 °С, что

превышает требования стандарта (Δt не более 5 °С). Изменение температуры хрупкости после старения для исходного битума также больше, чем для образцов МВ. По-видимому, кроме чисто стерических препятствий доступу кислорода время нагревания образцов МВ определённое влияние на снижение интенсивности термоокислительной деструкции оказывает присутствие в образцах отходов каучуков и, соответственно, в образцах МВ антиоксидантов ВТС-150 и (или) неозона. Данные вещества используют для стабилизации свойств нефтяных дистиллятных топлив, гудронов и битумов. Они на стадии разветвления цепи окисления:

$$ROO^{\bullet} + InH \rightarrow ROOH + In^{\bullet},$$

$$R^{\bullet} + InH \rightarrow RH + In^{\bullet}.$$

выступают в роли акцепторов свободных радикалов. Образующиеся малоактивные радикалы $In^{\bullet}$ неспособны взаимодействовать с молекулами RH и продолжать цепной окислительный процесс [8].

Таблица 2

Содержание свободных органических радикалов в образцах битума и МВ после прогрева

Характеристика образца	Содержание свободных органических радикалов
Битум исходный	$7{,}1 \cdot 10^{17}$
Битум после прогрева при 163 °С в течение 5 часов	$14.1 \cdot 10^{17}$
МВ с добавкой 4% СКН-10 КТР	$9{,}7 \cdot 10^{17}$
МВ с добавкой 4% СКН-30 КТРА	$10{,}5 \cdot 10^{17}$

Для подтверждения подобного механизма воздействия отходов каучуков СКН-10 КТР и СКН-30 КТРА были изучены ЭПР-спектры исходного битума, а также исходного битума и МВ с используемыми каучуковыми добавками после прогрева при 163 °С в течение 5 часов. Исследование методом ЭПР позволило по амплитуде одиночной линии в центре спектра, скорректированной по ширине линии сигнала поглощения веществом энергии радиоволн определить число органических радикалов или неспаренных электронов [9]. Результаты исследований, представленные в табл. 2, свидетельствуют о значительном изменении концентрации радикалов по мере прогрева образцов. Отчётливо видно, что добавление в битум низкомолекулярных сополимеров бутадиена и нитрила с функциональными группами на концах макромолекул, содержащих 1,5–2,5 % антиоксидантов, способствует снижению интенсивности термоокислительной деструкции.

Выводы

1. Низкомолекулярные сополимеры бутадиена и нитрила акриловой кислоты с концевыми и обрамляющими карбоксильными группами полностью растворяются в битуме с образованием однородной массы.

2. Применение отходов низкомолекулярных каучуков, СКН-10 КТР и СКН-30 КТРА в концентрации 4 % мас. позволяет в значительной мере улучшить физико-механические свойства модифицированного вяжущего и существенно повысить устойчивость МВ к термоокислительной деструкции.

3. Низкомолекулярные сополимеры бутадиена и нитрила акриловой кислоты (в виде отходов каучуков СКН – 10 КТР и СКН – 30 КТРА), вводимые для улучшения качественных показателей дорожного битума в количестве 4 % мас. являются достаточно активными стабилизаторами для нефтебитумных композиций.

Список литературы

1. Худякова Т.С. И снова о качестве дорожных битумов / Т.С. Хулякова // Автомобильные дороги. – 2014. – № 05(990). – С. 72–74.

2. Гуреев А.А. Полиэтиленгудроновые вяжущие / А.А. Гуреев, А.В. Лакомых, М.В. Самсонов // Автомобильные дороги. – 2014. – № 1. – С. 73–75.

3. Гохман Л.М. Повышение эффективности применения полимерно-битумных вяжущих на основе блоксополимеров типа СБС / Л.М. Гохман, Е.М. Гурарий, А.Р. Давыдова, К.И. Давыдова, О.В. Гавриленко, Т.В. Прокофьев // Автомобильные дороги. – 2007. – № 36. – С. 63–64.

4. Исследование особенностей взаимодействия битумов с полимерами / Д.А. Аюпов [и др.] // Вестник КазГАСУ. – 2011. – № 1(15). – С. 140–146.

5. Асфальтополимербетоны с комплексно-модифицированной микроструктурой / В.И Братчун [и др.] // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2013. – № 3. – С. 35–41.

6. Шарыпов В.И. Модификаторы дорожных битумов на основе маслостойких каучуков и продуктов термопревращения углей / В.И. Шарыпов, В.П. Киселев, Н.Г. Береговцова, Н.В. Кеменев, Б.Н. Кузнецов // Химия в интересах устойчивого развития – 2016. – № 24. – С. 89–95.

7. Киселёв В.П. Модификация свойств нефтяного дорожного битума / В.П Киселёв, В.А. Шевченко, Г.В. Василовская, Л.А. Иванова, В.Д. Ворончихин // Известия высших учебных заведений. Строительство. – 2015. – № 5. – С. 56–63.

8. Вишнякова Т.П. Стабилизаторы и модификаторы нефтяных дистиллятных топлив / Т.П. Вишнякова, И.А. Голубева, И.Ф. Крылов, О.П. Лыков. – М.: Химия, 1980. – 192 с.

9. Унгер Ф.Г. Парамагнетизм нефтяных дисперсных систем и природа асфальтенов / Ф.Г. Унгер, Л.Н. Андреева. – Томск, 1986. – 29 с. (Препр. АН СССР. Сиб. отд. Институт химии нефти. – № 30).

УДК 378.147.88

ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВУЗОВ С УЧРЕЖДЕНИЯМИ КУЛЬТУРЫ КАК ФОРМА ДИВЕРСИФИКАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

Бабаева Е.В., Ганьшина Г.В., Заварина С.Ю., Муравьева Ж.В.

Государственный гуманитарно-технологический университет, Орехово-Зуево, e-mail: babaeva500@gmail.com, gv_gansina@mail.ru, szavarina@mail.ru, murav_eva@mail.ru

Реформирование современного образования ставит перед высшими учебными заведениями задачу перестройки процесса обучения, придания ему созидательного характера. Объективная необходимость диверсификации высшего образования требует разработки новой модели образования и социализации личности. Построение интегрированного образовательного процесса в вузе предполагает творческое взаимодействие вуза с различными государственными структурами и общественными организациями. Особое место среди них отводится учреждениям культуры, которые могут оказать значительное влияние на формирование профессиональной компетентности будущих специалистов гуманитарного направления. Результатом взаимодействия вуза с учреждениями культуры является разработка и реализация значимых социально-культурных проектов и программ, в которых студентам представляется возможность применить на практике полученные теоретические знания, практические умения и навыки, внедрить инновационные технологии при организации совместных мероприятий. В статье представлен конструктивный опыт социокультурного партнерства Московского городского педагогического университета и Государственного гуманитарно-технологического университета с учреждениями культуры и образования г. Москвы и Московской области, внесших весомый вклад в процесс возрождения национальной и духовной культуры России, в подготовку студенчества к профессиональной деятельности в новых социально-экономических условиях. Включение студентов в социокультурное пространство вуза, города, региона способствует развитию креативного мышления, реализации творческого потенциала личности, духовному и культурному росту, предоставляя широкие возможности для самоактуализации и совершенствования личности.

Ключевые слова: взаимодействие, современный вуз, учреждение культуры, диверсификация высшего образования, студент, преподаватель, профессиональный опыт, социокультурное партнерство

INTERACTION OF HIGHER EDUCATION INSTITUTIONS WITH INSTITUTIONS OF CULTURE AS A FORM OF HIGHER EDUCATION DIVERSIFICATION

Babaeva E.V., Ganshina G.V., Zavarina S.Yu. Myraveva Zh.V.

State University of Humanities and Technology, Orekhovo-Zuyevo, e-mail: babaeva500@gmail.com, gv_gansina@mail.ru, szavarina@mail.ru, murav_eva@mail.ru

The reform of modern education assigns higher education institutions with the task of restructuring the learning process, giving it a creative character. The objective need for diversification of higher education requires the development of a new model of education and socialization of the individual. The construction of an integrated educational process in the university assumes the creative interaction of the university with various state structures and public organizations. A special place among them is given to cultural institutions that can have a significant influence on the formation of professional competence of future specialists in the humanitarian field. The result of interaction between the university and cultural institutions is the development and implementation of significant social and cultural projects and programs in which students are given the opportunity to apply the theoretical knowledge, practical skills and skills that have been put into practice and introduce innovative technologies in organizing joint events. The article presents a constructive experience of the social cultural partnership between the Moscow City Pedagogical University and the State University of Humanities and Technology with the cultural and educational institutions of Moscow and the Moscow Region that have made a significant contribution to the revival of the national and spiritual culture of Russia and to prepare students for professional work in the new social and economic conditions. The inclusion of students in the social and cultural space of the university, city and region promotes the development of creative thinking, the realization of the creative potential of the individual, spiritual and cultural growth, providing wide opportunities for self-actualization and personal development.

Keywords: interaction, modern university, cultural institution, diversification of higher education, student, teacher, professional experience, social and cultural partnership

Принятие новых профессиональных стандартов, конструктивные перемены в социокультурной сфере, динамичное развитие отечественной науки, внедрение инновационных технологий в образовательный процесс высших учебных заведений обострили потребность в педагогических кадрах, способных решать задачи модернизации на всех уровнях образования. Стратегические задачи реформирования системы образования определены в государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 гг. [1]. В документе предусматривается формирование гибкой и диверсифицированной системы современного образования, готовой к серьезным переменам, как в части корректировки и разработки новых образовательных программ, так и в материально-техническом оснащении процесса обучения, отвечающих всем требованиям современного рынка труда и нуждам инновационной эко-

номики. Социально-культурные институты, влияющие на процесс формирования профессионального опыта у молодого поколения, также вовлечены в процесс поиска новых технологических моделей образования и социализации личности [2, с. 956].

Традиционные воспитательные и образовательные ресурсы современного вуза не в состоянии действенно ответить на вызовы, с которыми сталкивается трансформирующееся общество. Для этого нужно перестроить процесс обучения, придав ему созидательный характер. В решении этой задачи важным ресурсом является творческое взаимодействие вуза с учреждениями, способными внести существенный вклад в формирование конкурентоспособных профессионалов. Партнерство вуза с учреждениями культуры создает новую модель диверсификации системы высшего образования. Результатом диверсификационного процесса в образовании является всесторонне развитая личность, подготовленная к профессиональной деятельности, способная самостоятельно удовлетворять сформированные познавательные запросы, материальные и духовные потребности.

Целью данного исследования является обоснование роли взаимодействия вузов с учреждениями культуры в диверсификации системы высшего образования.

Результаты исследования и их обсуждение

Совершенствование форм и методов образовательной деятельности вузов, расширение номенклатуры предоставляемых услуг, повышение конкурентоспособности на профильном рынке, с одной стороны, и необходимость развития ресурсов (финансовых, трудовых, материальных, информационных и др.), с другой, создают объективные предпосылки для участия учебных заведений в качестве одного из полноценных партнёров социокультурного сотрудничества. Современный вуз является учреждением, аккумулирующим интересы практически всех слоёв общества. Неоднородность социальных групп с разнообразными культурными и информационными потребностями определяют философию деятельности учреждений культуры и образования, организующих взаимодействие между собой и с окружающим социумом [3, с. 12].

Сегодня традиции социокультурного партнёрства получили новый импульс и широкое распространение в вузах России. Их определяющим началом служит ориентация на процесс сотрудничества с другими организациями, предприятиями, местной властью, отдельными лицами. Поиск и разработка инновационных методов работы в рамках социального партнёрства обусловили участие вузов в различных проектах и программах, в рамках которых вуз имеет возможность осуществлять реализацию своих традиционных образовательных функций, а также заниматься преобразованием и оптимизацией уже накопленного опыта и тем самым вносить новшества в сложившийся состав функций учреждения.

Для подготовки студенческой молодежи к ответственной и осмысленной жизнедеятельности, формирования ценности социального взаимодействия, социокультурного творчества, для самореализации личности возникает потребность в создании качественно новой системы социокультурного образования гуманистической личности и выявлении особенностей диверсификации высшего образования [4, с. 23].

На основе анализа исследований Л. Влацена, Р. Маклипа, Т. Хюсена, И.С. Агаповой, В.И. Байденко, Г.Я. Кипермана, О.В. Купцова, А.Г. Смирнова, Б.С. Сурганова, Е.В. Ткаченко и др. Т.Э. Мангер выявлены концептуальные подходы к понятию «диверсификация»:

а) диверсификация – это процесс организационно-структурного реформирования, создания образовательных учреждений нового типа;

б) диверсификация отражает современный период развития образовательной системы, ее образовательную парадигму;

в) диверсификация как принцип структурирования системы высшего образования;

г) диверсификация как многоуровневость образования, тенденция развития разносторонних социокультурных образовательных программ, систем, форм, характера и содержания образовательной деятельности;

д) диверсификация как путь к формированию социокультурной компетенции личности [5, с. 18].

Необходимость диверсификации системы высшего образования посредством налаживания партнерских отношений с учреждениями культуры вытекает из сложившихся противоречий: с одной стороны, наблюдается процесс гуманизации отечественного образования, возрождение национальной и духовной культуры России, с другой стороны, развитие образовательной среды не успевает за стремительным ростом социально-экономического потенциала страны; с одной стороны, наблюдаются интеграционные процессы в деятельности учреждений культуры и образования; с другой стороны, внедрение инновационных социально-культурных технологий в деятель-

ность образовательных и социокультурных учреждений происходит недостаточно оперативно; с одной стороны, назрела объективная необходимость в диверсификации системы высшего образования, обновлении образа жизни и формировании качественно нового уровня интеллектуальной деятельности; с другой стороны, в настоящее время система высшего образования не имеет концептуально обоснованной научной и материально-технической базы для осуществления подготовки высококвалифицированных специалистов в различных областях экономики, формирования креативной, всесторонне развитой личности.

Совокупность указанных противоречий обусловила проблему исследования – какова роль взаимодействия вузов с учреждениями культуры в диверсификации высшего образования.

Модернизация системы высшего образования, основанная на компетентностном подходе, применении современных образовательных технологий, направлена на формирование у студентов основ демократической культуры, гражданской активности, осознанный профессиональный выбор, адаптацию молодѐжи к изменяющимся социальным условиям. Ценнейшим ресурсом самообразования и дополнительного образования для студентов является свободное от занятий время. Это требует расширения сферы социального партнѐрства высших учебных заведений и институтов социального воспитания. Эффективность процесса модернизации и диверсификации высшего образования должна обеспечиваться устойчивым сетевым взаимодействием учреждений, входящих в систему высшего и дополнительного образования, клубной системы деятельности по месту жительства, потенциалов молодежных общественных объединений, учреждений отдыха и оздоровления.

Одним из важнейших компонентов социализации современной молодежи становится научно-исследовательская и культурно-просветительская работа музеев, в деятельности которых органично сочетаются научные методы, методы социокультурного проектирования и средства художественного выражения. Занимая весомую позицию в системе учреждений культуры, привлекая к потреблению музейных услуг различные категории населения, современные музеи становятся поликультурными центрами духовного и нравственного воспитания, неким форпостом в деле изучения, сохранения, трансляции социальной информации и опыта [6, с. 3]. В музейных комплексах разрабатываются и внедряются образовательные проекты, которые ориентированы как на детскую, так и на взрослую аудиторию, проводятся тематические выставки, интерактивные экскурсионные программы, квесты и мастер-классы ведущих специалистов различных областей образования и культуры [7, с. 17].

Обладая огромным образовательным потенциалом, музеи тесно сотрудничают с различными учебными заведениями. В целях решения задач государственной программы «Культура Москвы 2012–18 гг.», «превращение музеев в принципиально новые учреждения культуры, передовые культурные институции – культурно-образовательные, досуговые и информационные центры общественной жизни столицы, объединяющих традиционную деятельность и инновационные формы работы» [8, с. 17], кафедрой социально-культурной деятельности института культуры и искусств ГАОУ ВО МГПУ был разработан проект «Пространство просвещения». В апреле 2014 г. проект «Пространство просвещения» был представлен на конкурс «Лучший научный проект МГПУ» и стал победителем в номинации «Самый инновационный проект». Реализация социокультурного партнерства вуза и музеев столицы (ГБУК города Москвы «Государственный музей спорта», ГБУК города Москвы «Картинная галерея народного художника СССР Ильи Глазунова», ГБУК города Москвы «Галерея искусств Зураба Церетели», ГБУК «Музей истории и культуры городского поселения Малаховка») осуществляется по нескольким направлениям. В рамках научно-исследовательской работы ежегодно проводятся совместные научно-практические конференции, научно-практические семинары, круглые столы: «Актуальные проблемы культурной политики Москвы: теория и практика», «Особенности внедрения интерактивных методов обучения в практику социокультурных учреждений», «Организация молодежного досуга средствами рекреативных технологий», «Анимационные технологии в структуре молодежного досуга» и др. Привлечение студентов к участию в научно-практических мероприятиях, проводимых в стенах музея, позволяет подготовить их к осуществлению своих научных исследований с учетом основных тенденций социального-культурного и духовно-нравственного развития общества. В международных и межвузовских сборниках опубликованы совместные научные статьи преподавателей, студентов и сотрудников музеев по проблеме социокультурного партнерства вуза и учреждений культуры, диверсификации высшего образования в социально-культурной сфере и внедрению ин-

новационных технологий в организацию культурно-просветительной деятельности музеев – партнеров проекта.

Особую актуальность приобретают вопросы, связанные с организацией и проведением производственной практики студентов вузов в учреждениях музейного типа [9, с. 96]. Организация производственной практики в музеях существенно расширяет социально-культурное пространство вуза, повышая интеллектуальный и профессиональный уровень студентов, формируя опыт социального взаимодействия и творческого развития, предоставляя широкие возможности для самореализации личности. Под руководством преподавателей кафедры социально-культурной деятельности студенты принимают активное участие в анимационных программах, которые проводятся в современных учреждениях музейного типа с целью популяризации музейных услуг и активизации посетителей. Активное участие студентов-практикантов в разработке и реализации анимационных программ в качестве педагогов-аниматоров позволяет не только знакомиться с особенностями музейной анимации, но и в интегрированной форме приобретать опыт практического воплощения знаний, полученных при изучении учебных дисциплин в рамках теоретического обучения в вузе. Студенты являются бессменными участниками общегородских проектов «Дни исторического и культурного наследия», «Всей семьей в музей!» а также культурных акций «Ночь в музее» и «Ночь искусств». Студенты и сотрудники музея работают с различными возрастными категориями (от дошкольников до людей преклонного возраста), выполняя функцию тьютора, сопровождая участников по всему прохождению маршрута (объясняют правила игры, выдают путеводители, проверяют правильность выполнения заданий, помогают, при надобности, в выполнении заданий, вручают сувениры и сертификаты).

Важной формой диверсификации высшего образования в условиях партнерства вузов и учреждений культуры стал ежегодный межвузовский студенческий форум «Молодежь в галерее Ильи Глазунова». Организатором форума является ГБУК города Москвы «Картинная галерея народного художника СССР Ильи Глазунова». В этом году в апреле пройдет VII студенческий форум, который вновь соберет студентов, преподавателей, представителей культуры из 15 учреждений образования и культуры Москвы и Подмосковья. В программе форума традиционное обсуждение проблем исторической преемственности, сохранения культурных ценностей и традиций, предопределяющих настоящее и будущее культурной идентичности России. Для каждой делегации проводятся экскурсии по залам галереи: «Россия Ильи Глазунова», «Образ защитника Отечества в произведениях Ильи Глазунова», «Вечная женственность в творчестве Ильи Глазунова» и др. В рамках форума силами сотрудников музея, педагогов вузов и колледжей для студентов организуются конкурсы научных и творческих работ, проводятся викторины, мастер-классы и творческие лаборатории. Победители награждаются дипломами, а участники получают сертификаты. Тщательно подготовленное мероприятие позволяет встретиться на дискуссионных площадках музея будущим специалистам в сферах образования, культуры и искусства, экономики и туризма, юриспруденции и таможенного дела. Педагогический потенциал художественного творчества Ильи Сергеевича Глазунова способствует формированию духовно-нравственных ценностей и гражданской позиции современной молодежи. Высокое искусство великого мастера создает неповторимую атмосферу эмоционального воздействия на участников форума и гостей музея.

В рамках сотрудничества Государственного гуманитарно-технологического университета (г. Орехово-Зуево) с музеями города, постоянно организуются выездные занятия и мероприятия для студентов и преподавателей в Музее истории музыкальных традиций, Музее боевой славы, Зоологическом музее ГГТУ. В Музее рода промышленников Морозовых регулярно проходят научно-практические семинары и круглые столы с участием сотрудников музея, преподавателей и студентов кафедры истории ГГТУ. В сентябре 2017 г., накануне столетия г. Орехово-Зуево, в городском историко-краеведческом музее состоялась научно-практическая конференция «Время и город», которую подготовили преподаватели ГГТУ совместно с директором музея Д.В. Смирновым. В мероприятии приняли участие преподаватели и студенты юридического факультета. Перед началом заседания доцент К.В. Булавкин провёл экскурсию у здания 3 корпуса ГГТУ, представив историю редкого старинного здания – бывшей богадельни, построенной в самом начале XX столетия на средства Марии Федоровны Морозовой. Краеведам, внесшим значительный вклад в сохранение культурного наследия города, были вручены почетные грамоты Московской областной Думы и памятные медали «100 лет городу Орехово-Зуево». Среди награжденных были доценты ГГТУ В.Н. Алексеев и К.В. Булавкин.

Перед участниками конференции выступила прапрапраправнучка С.В. Морозова – Марина Смольянинова, которая рассказала о вкладе семьи Морозовых в развитие города. На конференции из прозвучавших докладов можно было узнать об истории микрорайона Новая стройка, Ореховского хлопчато-бумажного комбината, литературных традициях города и многом другом. В заключение была сделана памятная фотография студентов и преподавателей ГГТУ с потомком рода Морозовых – Андреем Михайловичем Маркевичем. Участие студентов в таких масштабных социальных проектах и культурных акциях способствует не только расширению представлений о музее, как о социокультурном институте, призванном поддерживать традиционные культурные стандарты на высоком уровне, обеспечивать преемственность гуманитарных ценностей и производство мировоззренческих смыслов, но и формирует у студентов проектное мышление как неотъемлемый компонент конкурентоспособной личности [10, с. 35].

Расширение образовательной функции современного вуза способствует созданию конструктивных партнерских отношений с учреждениями индустрии досуга, основной миссией которых является организация массовых зрелищно-развлекательных, культуротворческих, рекреативных, этнокультурных программ. Участие в разработке и реализации досуговых мероприятий формирует у студентов способность применять интерактивные технологии в деятельности учреждений культуры и образования в процессе организации содержательного досуга различных категорий населения, что отвечает потребностям современного рынка труда в квалифицированных специалистах социально-культурной сферы.

Интеграция образовательного и культурного потенциала вуза и учреждений культуры города Москвы послужила для педагогов кафедры социально-культурной деятельности Института культуры и искусств МГПУ основанием разработки в 2015 г. научно-исследовательского проекта «Социально-культурное партнерство: вуз – музей – библиотека в условиях инновационного развития», продолжающего поиск эффективных средств, форм и методов диверсификации высшего образования в социально-культурной сфере [10, с. 41]. В рамках сотрудничества вуза с учреждениями культуры 8 января 2018 года волонтеры-аниматоры представили увлекательную раус-программу в Московской областной государственной детской библиотеке. Рождество – самый волшебный и загадочный праздник. В рамках рождественского праздника волонтеры-аниматоры организовали веселые хороводы, игры, твистинг, аквагрим. Дети с удовольствием принимали участие в игровых программах, водили хоровод, с радостью получали в подарок от аниматоров фигурки из шариков, а также выстраивались в большую очередь на аквагрим. Хочется отметить, что студенты не только провели интерактивную программу, но и с большим интересом познакомились с деятельностью такого масштабного учреждения культуры, как МОГДБ, увидели, какие познавательные и развлекательные мероприятия организуются в стенах этого полифункционального социально-культурного центра Московской области.

С целью апробации теоретических знаний и практических навыков, полученных на аудиторных занятиях, формирования профессиональных компетенций проводятся выездные практические занятия на базе учреждений культуры и образования. В институте культуры МГПУ стало традицией в дни празднования широкой масленицы не только с размахом отмечать ее в стенах вуза, но и выезжать со студентами в рамках дисциплины «Социально-культурная анимация» на различные площадки города Москвы. Более пяти лет студенты, под руководством доцента Г.В. Ганьшиной, музыкальных руководителей И.А. Аксеновой и Ж.И. Хворовой, организуют анимационные программы «Широкая Масленица» в дошкольных подразделениях ГБОУ Школа «Спектр» и ГБОУ № 1028 г. Москвы. Нарядные костюмы, веселые хороводы, игры, пляски, песни и, конечно, вкусные блины – непременный атрибут этого праздника, – позволяют подарить всем присутствующим много позитивных эмоций, тепла и радости. Волонтеры-аниматоры увлекают всех детей в удивительный мир народных традиций, волшебства и сказки.

Ежегодно в конце декабря в стенах университетской школы МГПУ ярко и весело проходят новогодние представления для учащихся школы, детей и сотрудников вуза. В фойе для ребят организуется увлекательная анимационная программа, подготовленная студентами направления подготовки «Социально-культурная деятельность» под руководством ведущих педагогов кафедры социально-культурной деятельности. Интересные мастер-классы, аквагрим, твистинг, занимательные игры, танцы, хоровод со сказочными волшебниками, феями, скоморохами и веселыми зверушками дарят много добрых и светлых минут как детям, так и взрослым. В актовом зале зрителей всегда ждут завораживающие по сюжету и исполнению спектакли, где главные роли исполня-

ют студенты вуза. Чудеса перевоплощения, замечательная игра актеров, яркие костюмы, песни, танцы, непосредственное общение со зрителями во время спектакля очаровывают сердца детей и взрослых, заряжая всех радостным новогодним настроением.

Исторические и социально-экономические условия развития конкретного общества формируют соответствующие средства и методы воспитания и образования, которые отвечают определенному культурному уровню развития личности и общества в целом [11, с. 167]. Существует прямая зависимость между духовным богатством человека и содержанием его досуга. Но справедлива и обратная связь: культурным может быть только содержательно насыщенный и, следовательно, эффективный по своему воздействию на личность досуг [12, с. 20]. Продуманная организация учебного и свободного времени студентов формирует у них потребность в содержательном культурном досуге на долгие годы, желание реализовывать свой творческий потенциал, расширять кругозор, общаясь с интересными людьми, посещая учреждения культуры, научно-технические кружки, наполняя свой мир яркими событиями и красками [13, с. 65]. Так, на педагогическом и юридическом факультетах ГГТУ систематически создаются условия для интеграции студентов в социокультурное пространство вуза, города, области, что способствует развитию их творческой активности, духовному и культурному совершенствованию, освоению основных профессиональных ролей организаторов досуга, волонтеров, куратор учебных группы, руководителей студенческих объединений. Сотрудничество ГГТУ с Центральной городской библиотекой им. М. Горького (г. Орехово-Зуево) представляет широкие возможности для реализации научного и творческого потенциала студентов вуза. В рамках деятельности студенческого научного кружка «Мое родное Подмосковье» (руководитель Е.В. Бабаева) в библиотеке прошли городские научно-практические семинары «Савва Морозов в литературе» и «Их именами названы улицы нашего города». 2 апреля 2017 года студенты исторического факультета приняли участие в мероприятии Библионочь-2017. Они успешно преодолели все этапы исторического квеста и были награждены книгами. Такое включение студентов в социокультурное пространство библиотеки, установление партнерских взаимоотношений с сотрудниками учреждения формирует у молодежи способность к продуктивному действию – созиданию, проявлению инициативы, самостоятельности, толерантности и ответственности.

Выводы

Важным условием диверсификации высшего образования является расширение социокультурного пространства вуза, включение студентов в различные формы корпоративного сотрудничества, укрепление и развитие контактов с профессиональными педагогическими и культурными сообществами. Создание практико-ориентированной образовательной среды на основе взаимодействия вуза и учреждений культуры способствует не только формированию общекультурных и профессиональных компетенций студентов, но и готовит их к будущей многофункциональной педагогической деятельности с учетом современных тенденций социально-культурного развития подрастающего поколения и общества в целом.

Список литературы

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 годы. URL:https://минобрнауки.рф/проекты/Государственная программа.pdf. (дата обращения: 08.02.2018)

2. Ганьшина Г.В., Грибкова Г.И., Бабаева Е.В. Интерактивные технологии в образовательных программах учреждений музейного типа // Экономика и предпринимательство. – 2015. – № 6–3 (59–3). – С. 956–960.

3. Мурашко О.Ю. Социальное партнерство как фактор успешной деятельности библиотек: научно-практическое пособие / О.Ю. Мурашко. – М.: Литера, 2008. – 139 с.

4. Мангер Т.Э. Диверсификация системы непрерывного образования в социально-культурной сфере: методология, теория, практика: монография / Т.Э. Мангер; Федеральное агентство по образованию, Тамб. гос. ун-т им. Г.Р. Державина. – Тамбов: Изд-во ТГУ им. Г.Р. Державина, 2007. – 234 с.

5. Мангер Т.Э. Диверсификация системы непрерывного образования в социально-культурной сфере: автореф. дис. … докт. пед. наук. – Тамбов, 2008. – 46 с.

6. Грачева Е.С. Музей как поле социокультурной коммуникации: автореф. дис. ... канд. соц. наук. – Саратов, 2010. – 20 с.

7. Грибкова Г.И., Умеркаева С.Ш. Организация семейного досуга в условиях культурно-образовательной деятельности музея // Наука, технологии и инновации в современном мире: материалы II Международной научно-практической конференции (Уфа, 30–31 июля 2015 г.). – Уфа: РИО ИЦИПТ, 2015. – С. 15–23.

8. Государственная программа города Москва «Культура Москвы 2012–2018 гг.» // Вестник мэра и Правительства Москвы. – 2012. – №20. – С. 4–122.

9. Умеркаева С.Ш. К вопросу о порядке проведения практики магистров социально-культурной деятельности в условиях реализации ФГОС // Проблемы развития науки и образования: теория и практика. Сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции 31 августа 2015 г. – Люберцы: ООО «АР-Консалт», 2015. – С. 94–99.

10. Ганьшина Г.В., Грибкова Г.И., Умеркаева С.Ш. Диверсификация высшего образования в условиях социокультурного взаимодействия вуза и музея // Научно-практический журнал «Российские регионы: взгляд в будущее». – 2015. – № 4(5). – С. 35–51.

11. Медведь Э.И. Музыкальные фестивали в реализации культурной политики России / Э.И. Медведь, О.И. Киселева, В.И. Портников // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 12–1. – С. 166–170.

12. Бабаева Е.В., Ганьшина Г.В., Муравьева Ж.В. Организация досуга студенческой молодежи: историко-культурологический опыт 1970–1980 гг.: монография. – М.: ГГТУ, 2017. – 168 с.

13. Безбородова Л.А., Заварина С.Ю. Педагогические проблемы в теории музыкального образовании // Наука и школа. – 2013. – № 1. – С. 67–74.

УДК 372.878:168.522

ОРГАНИЗАЦИЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ УЧАЩИХСЯ НА ГРУППОВЫХ ЗАНЯТИЯХ В КЛАССЕ КЛАССИЧЕСКОЙ ГИТАРЫ

Гемаддиев А.И.

Московский государственный институт культуры, Химки, e-mail: gemaddiew@gmail.com

В статье представлен анализ актуальных проблем, связанных с организацией групповых занятий в классе классической гитары. Автор концентрирует внимание на распространении новой формы обучения, не используемой ранее в музыкальной педагогике в области инструментального исполнительства. Центральной проблемой исследования является организация самостоятельной работы непосредственно на групповых занятиях в классе классической гитары. На настоящий момент данный вопрос мало изучен и требует методических разработок. Относительно традиционных форм обучения на классической гитаре, так и на других музыкальных инструментах в целом групповая форма является молодой и бурно развивающейся, однако имеет низкую продуктивность и в большинстве своём не способна дать обучающимся углубленных знаний. Решение проблемы низкой продуктивности видится в правильной организации самостоятельной работы на групповых занятиях, так как этот вид деятельности становится ведущим. Выдвижение самостоятельной работы на первый план, при проведении групповых занятий, обусловлено специфичностью педагогического процесса на занятиях инструментальным исполнительством. Автором предложены педагогические условия, соблюдение которых необходимо для успешной организации самостоятельной работы на групповых занятиях. Также в статье рассмотрены некоторые методы повышения мотивации к самостоятельной деятельности и методы, побуждающие обучающихся к самостоятельному поиску решений в преодолении возникающих проблем.

Ключевые слова: самостоятельная работа, педагогика, классическая гитара, групповые занятия

ORGANIZATION OF THE INDEPENDENT WORK OF STUDENTS AT GROUP CLASSES IN THE CLASSICAL GUITAR'S CLASS

Gemaddiev A.I.

Moscow State institute of culture, Khimki, e-mail: gemaddiew@gmail.com

The article presents an analysis of the actual problems connected with the organization of group classes in the classical guitar class. The author concentrates on the dissemination of new form of teaching, previously not used in musical pedagogy in the field of performancing. The central problem of the study is the organization of independent work directly in group classes in the classical guitar class. This problem has been little studied and requires methodological developments. Concerning traditional forms of teaching, both classical guitar and instrumental performance in general, the group form is young and rapidly developing, but it has low productivity and in most cases is incapable of giving students in-depth knowledge. The solution of the problem of low productivity is seen in the correct organization of independent work in group classes, since this type of activity becomes the leading one. The advancement of independent work to the foreground, when conducting group classes, is conditioned by the specificity of the pedagogical process in the classroom with instrumental performance. The author proposes pedagogical conditions, the observance of which is necessary for the successful organization of independent work in group classes. Also in the article are considered some methods of increasing motivation for independent activity, and methods that motivate students to independently search for solutions in overcoming emerging problems.

Keywords: independent work, pedagogy, classical guitar, group classes

В настоящее время система дополнительного музыкального образования активно расширяется за счёт появления частных музыкальных школ, студий, кружков и прочих негосударственных образовательных учреждений [1]. Следует отметить, что сегодня государственные детские музыкальные школы и школы искусств также оказывают коммерческие услуги. При этом набор учеников производится как в начале, так и в течение всего учебного года. Учащихся этого типа не обязывают изучать теоретические дисциплины. Таким образом, происходит вынужденное отклонение от традиционной методики преподавания.

Востребованность конкретного направления в музыкальном образовании определяется социальным заказом общества. Классическая шестиструнная гитара на протяжении вот уже многих лет обнаруживает себя в зоне высокой востребованности как у любителей, так и у профессионалов [2]. Спрос на педагогические услуги в освоении этого инструмента сопоставим разве что с вокалом. Следует также отметить, что методики и формы обучения каждый педагог частной школы волен выбирать и составлять самостоятельно. Следствием торгово-рыночных отношений между клиентами (в нашем случае это учащиеся или их родители) и предоставителями образовательных услуг (частные школы, студии) стало появление новых методов и подходов к организации учебного процесса. Так, например, в частных образовательных организациях с недавнего времени становится довольно распространённой групповая форма обучения. Это явление обусловлено,

прежде всего, большим спросом и стремлением к увеличению прибыли. Вместе с тем появляются новые пути преодоления сложностей, как в освоении инструмента, так и общемузыкального развития вообще. Они, в свою очередь, нуждаются в детальном исследовании и совершенствовании.

Групповая форма обучения искусству игры на гитаре, как явление, вызывает большое недоверие и скепсис со стороны традиционной музыкальной педагогики. Большинство педагогов отказываются преподавать в группах, так как считают, что серьёзно заниматься классической музыкой, к тому же на таком сложном для освоения инструменте, как гитара, в группе невозможно. Те же педагоги, которые берутся за групповые занятия, в большинстве своём сводят преподавание на уровень самодеятельности, часто выражающееся в освоении аккомпанемента и разучивании несложных, популярных композиций, при этом, как правило, сильно страдают посадка, постановка рук, в особенности правой, а также звукоизвлечение [3].

Повысить эффективность данной формы обучения можно путём подбора эффективного методического инструментария. Безусловно, организация учебного процесса на групповых занятиях отличается повышенной нагрузкой на преподавателя и требует от него высокого уровня профессионализма. В силу ряда причин, прежде всего экономических, современному педагогу приходится адаптироваться к реалиям нового времени. Поиск оптимальных решений, позволяющих поддерживать интерес учащихся и добиваться педагогического результата одновременно – процесс крайне трудоемкий и требующий пристального внимания.

Специфичность данной формы обучения обусловлена рядом характерных факторов. Во-первых, как показывает практика, в подобных группах с течением времени наблюдается изменение состава, что зачастую приводит к ситуациям, когда группы состоят из учеников разного уровня подготовки и возраста. К тому же способности к освоению инструмента у обучающихся изначально разные и раскрываются с различной скоростью. Таким образом, можно быть уверенным, что даже в случае формирования группы с нулевыми навыками через 1–2 месяца среди обучающихся непременно появится ощутимая разница в уровне освоения инструмента. В этом случае продолжение обучения по общей для всех учащихся традиционной программе становится невозможным, так как многие из них могут потерять интерес к обучению. В этих условиях педагог вынужден прибегнуть к индивидуальному подходу, потому что потеря ученика негативно отразится на его заработной плате и прибыли организации, что в конечном итоге определяет его рентабельность как сотрудника. Однако отметим, что главной причиной индивидуализации процесса обучения является разный уровень знаний, умений и навыков у обучающихся.

Многовековая история музыкальной педагогики показывает, что освоение любого музыкального инструмента и особенно гитары требует от педагога кропотливого труда, работы над множеством нюансов: посадка, постановка, звукоизвлечение, работа над художественным образом, мыслью произведения и т.д. [4]. Каждый из этих нюансов состоит из множества мелочей и набор методических инструментов для каждого ученика индивидуален. Этим обусловлена сложившаяся форма индивидуального обучения в области инструментального исполнительства.

На групповых занятиях педагог, как было сказано выше, вынужден фрагментарно прибегать к индивидуальному подходу. В данном случае под индивидуальным подходом подразумевается работа с каждым из учеников поочередно над разными задачами. Следовательно, продуктивность таких занятий обладает несравнимо низким уровнем по отношению к индивидуальным занятиям. При этом следует отметить, что падение уровня продуктивности зависит от увеличения количества обучающихся в группе. Наш опыт показывает, что оптимальное количество обучающихся в группе составляет 3-4 ученика. Также некоторое неудобство при организации учебного процесса будет заключаться в том, что учащиеся, выполняя каждый своё задание, будут мешать друг другу. Однако это весьма незначительно, так как гитара инструмент негромкий, а освоение новых приёмов, штрихов и разбор нотного материала необходимо производить в медленном темпе на малой динамике. Опробовать громкие звуки учащиеся смогут на ансамблевом музицировании или в специально отведённое педагогом время. Наш опыт показывает, что дети без труда адаптируются к таким условиям. Также можно применять подкладывание под струны губки из поролона или любого другого подобного материала. Этот способ значительно уменьшает громкость инструмента, сохраняя при этом возможность исполнения даже таких приёмов игры, как пиццикато и флажолет.

Говоря о групповых занятиях в инструментальном классе, стоит отметить и объек-

тивные достоинства этой формы обучения. Д.А. Бережной в своей диссертации «Индивидуально-групповая форма обучения детей игре на гитаре в системе учреждений дополнительного образования» констатирует, что групповые занятия музыкой имеют специфические преимущества, отсутствующие или выражающиеся не в полной мере в индивидуальном уроке, среди которых: актуализация учебной мотивации, формирование сценического поведения, самостоятельности, учебной активности; социализация личности, активное целенаправленное общение; совместные учебно-творческие мероприятия и другое [5]. В своём исследовании Д.А. Бережной предлагает проводить одно групповое и одно индивидуальное занятие в неделю, а также доказывает преимущество индивидуально-групповой формы обучения над индивидуальной. Однако заметим, что нас здесь интересует не форма обучения, а признание полезности и эффективности групповых занятий как таковых. Отметим также, что групповые занятия выступают здесь не только в роли ансамбля или оркестра, где обучающиеся используют ранее приобретённые умения и навыки, лишь практикуя и отрабатывая их, но также в роли уроков, на которых ученики получают новые, знания, формируют умения и навыки.

Итак, как видно из вышесказанного, групповые занятия на классической гитаре, с одной стороны, обладают более низкой эффективностью в сравнении с индивидуальными, с другой имеют ряд специфических преимуществ, которые раскрываются и приносят неоценимую пользу обучающимся, если групповые занятия сочетаются с индивидуальными. Вопрос количественного соотношения индивидуальных и групповых занятий выходит за рамки нашего исследования. Отметим лишь, что соотношение их может быть варьируемо, а пренебрежение индивидуальными занятиями приведёт к снижению продуктивности обучения.

Необходимо обозначить специфические проблемы, с которыми приходится сталкиваться преподавателям классической гитары при проведении групповых занятий:

– различный уровень подготовки учащихся;

– освоение инструмента и развитие музыкальных способностей происходит с разной скоростью у каждого обучающегося;

– невозможность изложения педагогом материала всей группе одновременно;

– организация дисциплины;

– невозможность спланировать учебный процесс на продолжительный период времени.

Одной из первых проблем, возникающих перед педагогом на групповых занятиях, является донесение материала до учащихся с разным уровнем способностей и знаний. Этим вопросом задавался Н.А. Семёнов. Решение этой проблемы он видит в делении класса на группы из схожих по индивидуальным характеристикам и способностям к обучению учащихся. Для решения проблемы занятости наиболее активных и способных учащихся Н.А. Семёнов предлагает групповую работу на занятиях сочетать с другими видами работ, а также часто изменять состав таких групп [6, с. 68–69]. Предложенные Н.А. Семёновым методы мы находим весьма полезными и предлагаем сочетать групповую работу с самостоятельной и индивидуальной, однако изменение состава групп в нашем исследовании будет методом возможным, но не обязательным, что обусловлено специфичностью музыкальных занятий. Основной формой совместной работы на групповых занятиях является ансамбль. Наш опыт показывает, что сочетание начинающих и уже играющих гитаристов в одном ансамбле возможно и будет весьма полезно для первых. Это обусловлено тем, что партитура любого отдельно взятого ансамбля может состоять из партий самых разных уровней сложности. Подтверждение этому мы можем наблюдать, например, в таком явлении как ансамбль «Педагог – ученик», где разница в уровне сложности партий бывает весьма значительной.

Как уже было сказано выше, ансамблевая игра предполагает наличие определённых навыков, умений и знаний. Следовательно, самая главная задача педагога – это организация обучения этим навыкам и умениям в условиях групповых занятий. На первых стадиях обучения возможна подача теоретического материала в виде лекции, однако впоследствии, учитывая специфические особенности музыкальной педагогики, необходимо будет прибегнуть к индивидуальному подходу на групповых занятиях. Специфическая особенность такого обучения заключается в том, что педагог, распределяя задания между учащимися и переходя от первого ко второму, оставляет первого, а затем второго и третьего и т.д. без внимания. Следовательно, ведущим видом деятельности на таких занятиях становится самостоятельная работа. Поэтому и эффективность такого обучения зависит главным образом от правильно организованной самостоятельной работы непосредственно во время занятий. Плохо организованная самостоятельная работа приводит к потере интереса, влекущего за собой нарушение

дисциплины, особенно в группах, состоящих из младших школьников. Педагогу необходимо правильно распределять задачи между учащимися. Уровень сложности заданий при этом не должен превышать возможности обучающихся. На это условие следует обратить особое внимание, так как в традиционной методике преподавания большинство возникающих при обучении вопросов и проблем решаются на индивидуальном занятии при непосредственном вмешательстве педагога, на групповых же занятиях такой возможности нет и обучающийся должен преодолевать все сложности самостоятельно.

Итак, из вышесказанного мы можем заключить, что самостоятельная работа является определяющим и необходимым условием достижения положительного результата обучения на групповых занятиях. Сухое заучивание текста не приведёт к желаемому результату. Задачи, предлагаемые обучающемуся, должны отличаться разнообразием. Это может выражаться в освоении разных приёмов звукоизвлечения, работы над различными ритмическими фигурами, применение динамических оттенков, штрихов и прочих средств выразительности [7].

Методы изложения материала педагог может выбирать по своему усмотрению. Отметим лишь некоторые. На наш взгляд, заслуживает внимания индуктивный метод наводящих вопросов (майевтика), авторство которого принадлежит Сократу. Это один из проблемных методов, который активизирует творческую мыслительную деятельность учащегося. Учащийся не получает готовую истину от учителя, а выводит её сам, путём размышления, при помощи наводящих вопросов педагога. Для нас этот метод примечателен тем, что воспитывает в обучающемся привычку самостоятельного поиска ответа на поставленный вопрос. Его использование будет полезно для организации самостоятельной работы. В случае работы с детьми поставленные задачи и наводящие вопросы не должны быть слишком сложными.

И.Я. Лернер [8. с. 181–213] располагает методы по принципу возрастания активности познавательной деятельности учащегося от репродуктивных к продуктивным. Учитель преподносит ученику готовые знания с помощью объяснительно-иллюстративного (информационно-перцептивного) метода. Благодаря применению репродуктивного метода, эти знания закрепляются в умениях и навыках. Основу репродуктивного метода составляет упражнение. При использовании метода проблемного изложения учитель ставит перед учащимися проблему и показывает ход её решения. Учащиеся здесь не просто получают готовые знания, а усваивают путь их получения в ходе научного познания. Отдельные элементы научного исследования учащиеся постигают благодаря частично-поисковому (эвристическому) методу. Исследовательский метод предполагает полноценное научное исследование под контролем педагога. Такое расположение методов кажется нам обоснованным, так как в образовании любого учащегося должна возрастать его собственная познавательная активность вплоть до полной самостоятельности.

Великий чешский педагог XVII в. Я.А. Коменский внёсший большой теоретический и практический вклад в развитие классно-урочной системы обучения, которая и по сей день является основой общего образования не только в нашей стране, но и во всём мире, был сторонником того, чтобы теория была теснейшим образом связана с практической деятельностью.

Этот принцип будет впоследствии развит во многих педагогических исследованиях и применен на практике. Например, В.К. Дьяченко пишет: «Ученик усваивает быстро и качественно лишь то, что тут же после получения новой информации применяет на деле или передаёт другим: узнал что-нибудь – тут же расскажи, объясни другому, примени на практике. Да ещё, если нужно, то и не один раз, иногда и много раз. Словом, ученик применяет и рассказывает другим до тех пор, пока сам не овладевает новым знанием или умением в совершенстве» [9, с. 14].

Реализация полученных знаний в практической деятельности также является обязательным условием успешной организации самостоятельной работы на групповых занятиях. Весь пройденный материал в первой половине занятия должен находить своё практическое применение в ансамблевом музицировании. Соблюдение этого условия особенно важно на первых занятиях. Учащийся должен осознать, что проделываемая им самостоятельная работа необходима для коллективного музицирования. Невыполнение требований педагога на первой половине занятия приводит к полному выпадению обучающегося из учебного процесса во второй его части. Таким образом, ансамблевая игра является методом повышения мотивации к самостоятельной работе.

Выделим также как метод повышения мотивации самостоятельной работы на групповых занятиях игру соло в ансамбле. В простейших формах это может выглядеть как выучивание несложных песен куплетно-припевной формы, где каждый по очере-

ди проигрывает мелодию куплета, а припев играет вся группа, во время проигрывания соло остальные участники по возможности аккомпанируют солисту.

Самостоятельная работа должна находить своё практическое применение, поэтому необходимым условием является подбор репертуара для ансамблевого музицирования, при котором каждый из учащихся сможет реализовать приобретённые навыки. Отметим также, что разный уровень исполнительской подготовки обучающихся создаёт некоторые сложности в подборе репертуара. В этой связи весьма полезными для педагога групповых занятий будут элементарные знания аранжировки. Здесь мы не предлагаем педагогам писать аранжировки для каждой группы в отдельности, но считаем необходимым умение педагога немного упростить, а иногда и усложнить партитуру, исходя из поставленных задач и уровня учащихся.

Опираясь на собственный опыт и опыт педагогов, практикующих групповую форму обучения, можно констатировать, что для оптимизации самостоятельной работы на групповых занятиях необходимо соблюдение следующих педагогических условий:

– разделение урока на две части (индивидуальная самостоятельная работа под руководством педагога и ансамблевое музицирование);

– подбор оптимального численного состава группы (3–4 учащихся);

– практическое применение полученных во время занятия знаний;

– подбор нотного репертуара;

– знание педагогом элементарных правил аранжировки.

Итак, в заключение отметим, что данное исследование посвящено проблеме организации самостоятельной работы на групповых занятиях по классической гитаре. Цель нашего исследования заключается в повышении эффективности групповых занятий. Необходимо также понимать, что формулировка «классическая гитара» подразумевает определённый уровень профессионализма, достижение которого невозможно без применения индивидуального подхода, что в свою очередь обусловлено специфичностью педагогического процесса в области инструментального исполнительства [10]. Исходя из этого, на групповых занятиях внимание педагога распределяется на количество учащихся, и ведущим видом деятельности становится самостоятельная работа. Таким образом, продуктивность занятий в целом будет в первую очередь зависеть от организации самостоятельной работы на уроке. Отметим также, что исследований, посвящённых данной проблеме, в музыкальной педагогике мы не находим. Это обусловлено тем, что метод группового обучения в инструментальном исполнительстве ранее не применялся настолько широко. Эффективность данного метода вызывает множество споров, но несмотря на это, он получил достаточно широкое распространение. В этой связи важнейшей задачей современной педагогики является поиск оптимальных решений, направленных на повышение эффективности данной формы обучения.

Список литературы

1. Аршинова А.А. Современные тенденции развития системы дополнительного образования в области хореографического искусства // Социально-экономические явления и процессы. – 2015. – Т. 10, № 8. – С. 212–216.

2. Гемаддиев А.И. Актуальные проблемы обучения учащихся в классе гитары // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 6; URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27184 (дата обращения: 30.03.2018).

3. Карпов Л.В. Развитие базовой исполнительской техники формирования звука в процессе обучения игре на гитаре: дис. … канд. пед. наук. – Санкт-Петербург, 2012. – 221 с.

4. Борисевич В.Г. Развитие исполнительской культуры учащихся-гитаристов в системе дополнительного образования: автореф. дис. ... канд. пед. наук. – Москва, 2008. – 18 с.

5. Бережной Д.А. Индивидуально-групповая форма обучения детей игре на гитаре в системе учреждений дополнительного образования: дис. ... канд. пед. наук. – Москва, 2013. – 163 с.

6. Семёнов Н.А. О способах организации обучения // Советская педагогика. – 1977. – № 11. – С. 68–69.

7. Гемаддиев А.И. Проблема отставания теории и методики обучения игре на гитаре от практики // Пути модернизации научно–исследовательской и образовательной деятельности в сфере культуры и искусства: Материалы IV международной научно-практической конференции. – Краснодар: «КГУКИ», 2014. – С. 270–275.

8. Дидактика средней школы: Некоторые проблемы современной дидактики. Учеб. пособие для слушателей ФПК директоров общеобразоват. школ и в качестве учеб. пособия по спецкурсу для студентов пед. ин-тов // Под ред. М.Н. Скаткина / 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Просвещение, 1982. – 319 с.

9. Дьяченко В.К. Сотрудничество в обучении: О коллективном способе учеб. работы: Кн. для учителя. – М.: Просвещение, 1991. (Мастерство учителя: идеи советы, предложения). – 192 с.

10. Гемаддиев А.И. Актуальные проблемы гитарной педагогики // Музыкознание в зеркале современности: Материалы Международной научно–практической конференции для студентов и молодых ученых. – Казань: «ОООАстория и К», 2014. – С. 179–183.

УДК 372.878:376.112.4

ОБЩИЕ УСЛОВИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССА МУЗЫКАЛЬНОГО ВОСПИТАНИЯ УМСТВЕННО ОТСТАЛЫХ ДЕТЕЙ

[1]Евтушенко И.В., [2]Воронкова В.В., [3]Плаксин П.А.

[1]ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», Москва, e-mail: evtivl@rambler.ru;

[2]ГБОУ ВО Московской области «Академия социального управления», Москва, e-mail: valvas38@mail.ru;

[3]ФГБОУ ВО «Самарский государственный институт культуры», Самара, e-mail: evtivl@rambler.ru

Ведущим направлением повышения уровня общей и художественной воспитанности умственно отсталых обучающихся является совершенствование эффективности модели музыкального воспитания, учитывающей требования Федерального государственного образовательного стандарта обучающихся с умственной отсталостью. Расстройства анализаторных, двигательных систем, ментальной активности умственно отсталых детей доказывают острую потребность определения условий, повышающих результаты музыкального воспитания и способствующих преодолению нарушенных качеств. В материалах отечественных исследований ощущается недостаток разработок моделей музыкального воспитания умственно отсталых школьников. Статья содержит результаты исследований, направленных на разработку и апробацию условий, повышающих качество музыкального воспитания, проведенных в специальных образовательных учреждениях Волгограда, Москвы, Ижевска, Новокузнецка, Уральска. Было доказано предположение о необходимости создания оптимальных условий, повышающих эффективность музыкального воспитания умственно отсталых детей. Необходимость выделения основной группы общих условий эффективности целостного образовательного процесса была вызвана потребностью реализации музыкально-развивающей среды; организации коллектива воспитанников; обеспечения успешности учения детей; сочетания урочной и внеурочной деятельности. В материалах статьи представлено обоснование общих условий эффективности музыкального воспитания и показано их влияние на процесс формирования музыкальной культуры детей.

Ключевые слова: общие условия, музыкальное воспитание, умственно отсталые дети

GENERAL CONDITIONS OF THE EFFECTIVENESS OF MUSIC EDUCATION OF MENTALLY RETARDED CHILDREN

[1]Evtushenko I.V., [2]Voronkova V.V., [3]Plaksin P.A.

[1]Moscow State Pedagogical University, Moscow, e-mail: evtivl@rambler.ru;

[2]Academy of Public Administration, Moscow, e-mail: valvas38@mail.ru;

[3]Samara State Institute of Culture, Samara, e-mail: evtivl@rambler.ru

The leading direction of raising the level of general and artistic upbringing of mentally retarded students is to improve the effectiveness of the model of musical education, which takes into account the requirements of the Educational Standard for students with mental retardation. Disorders of analyzer, motor systems, mental activity of mentally retarded children prove the acute need to determine the conditions that enhance the results of musical education, and contribute to overcoming the impaired qualities. In the materials of domestic research, there is a lack of development of models of musical education for mentally retarded children. The article contains the results of research aimed at developing and approbation of conditions that enhance the quality of musical education conducted in special educational institutions of Volgograd, Moscow, Izhevsk, Novokuznetsk, Uralsk. It was proved that it is necessary to create optimal conditions that increase the effectiveness of musical education of mentally retarded children. The need to identify the main group of general conditions for the effectiveness of the holistic educational process was caused by the need to implement the music and developing environment; organization of the collective of pupils; ensuring the success of children's learning; combination of lesson and after-hour activities. The materials of the article provide a substantiation of the general conditions for the effectiveness of musical education and show their influence on the process of shaping the musical culture of children.

Keywords: general conditions, musical education, mentally retarded children

Проблемой современного специального образования является необходимость обоснования условий, повышающих эффективность личностных и предметных результатов обучения умственно отсталых детей, что обусловлено требованиями федерального государственного образовательного стандарта обучающихся с умственной отсталостью и примерной адаптированной основной общеобразовательной программы обучающихся с умственной отсталостью. Анализ современных исследований позволяет говорить о недостаточном внимании, уделяемом условиям музыкального воспитания умственно отсталых детей. Целью нашего исследования, охватившего около восьмисот детей с легкой умственной отсталостью младшего и среднего школьного возраста, обучавшихся в школе-интернате № 3 г. Волгограда; школах-интернатах № 99, 105, 62; детских домах № 9, 32, 18; школах № 991, 567; учебно-воспитательном комплексе № 1867 г. Москвы; школе-интернате № 80 г. Новокузнецка; школе-интерна-

те № 1 г. Ижевска; школе-интернате № 15 г. Уральска [1–3], стала разработка и апробация оптимальных условий, повышающих эффективность музыкального воспитания умственно отсталых детей. Наличие *общих условий* эффективности музыкально-воспитательного процесса: музыкально-развивающая среда; коллектив воспитанников; успешность учения детей; сочетание урочной и внеурочной деятельности, обосновывало необходимость выделения первой группы. Ко второй группе *частных условий* были отнесены: формирование музыкального понятийного аппарата у детей; возможность практического проявления музыкальных компетенций обучающимися в урочной и внеурочной деятельности; творческое сотрудничество музыкального педагога и детей; дифференцированный и индивидуальный подход к умственно отсталым детям, учитывающий степень сформированности основ музыкальной культуры; материально-техническое обеспечение. Среди третьей группы *специфических условий*, предопределяемых психофизическим развитием детей: рабочая образовательная программа музыкального воспитания, состоящая из специально подобранного репертуара и видов деятельности, обеспечивающих разностороннее развитие личности ребенка и преодоление имеющихся нарушений; доступность содержания, замедленный темп овладения учебным материалом; комплекс мер, направленных на профилактику, ослабление и исправление нарушенного развития с опорой на дидактические приемы и средства музыкальной выразительности; игровая деятельность; взаимодействие специалистов, работающих с ребенком с родителями; формирование профессиональных компетенций у педагогических работников [4–6].

Музыкально-развивающая среда: предметы, объекты, окружающие явления играют важную для психофизического развития и становления личности роль. Ограниченность среды сужает формируемые представления об окружающем мире, положительные эмоциональные состояния, мотивацию к деятельности, провоцирует появление сенсорной, эмоциональной и моторной депривации. Музыкальное сопровождение повседневной жизни умственно отсталых обучающихся состоит из использования музыки в досуговой и свободной деятельности детей (самостоятельное пение; слушание музыкальных фрагментов по радио и в телевизионных программах, музыкальных сказок, записей музыкальных произведений; выполнение утренней гигиенической гимнастики, подготовка ко сну в сопровождении музыки). Важно соблюдать умеренность применения музыки, ограничивать избыточность (громкость и насыщенность) музыкального фона, чтобы он не превратился в «бытовой шум», раздражающий «поток звуковой информации». Перенасыщение музыкой может вызвать психическое переутомление, раздражительность и сформировать убеждение о развлекательной функции музыки как ее основном назначении. Рекомендации музыкального репертуара, используемого в повседневной жизни, даются музыкальными педагогами, а организуется музыкально-развивающая среда воспитателями, которые контролируют не только слушание и исполнение детьми определенных музыкальных произведений, но и ограничивают доступность музыкальной информации, отрицательно влияющей на личностное становление воспитанников. Групповые помещения для досуговой деятельности воспитанников необходимо оборудовать «музыкальными уголками», включающими доступные музыкальные инструменты (гитара, пианино, инструменты детского ансамбля), звуковоспроизводящие средства с соответствующим программным обеспечением. В наших исследованиях было выявлено дифференцированное влияние различных музыкальных стилей и жанров на психосоматическое состояние ребенка. Благотворность воздействия на эмоционально-поведенческую сферу детей отмечена у классической и детской музыки во время занятия творческими видами деятельности спокойного характера (вышивание, бисероплетение, моделирование), в коллективных играх, спортивных состязаниях, прогулках, при осуществлении хозяйственно-бытового и общественно-полезного труда. Правильный выбор музыкальных произведений способствует не только накоплению музыкальных знаний, но и уравновешивает нарушение баланса нервно-психических процессов, снижает агрессивность, усталость. Роль коллектива воспитанников как фактора воспитания музыкальной культуры умственно отсталых школьников в последние годы была незаслуженно снижена, что проявлялось в обедненности и однообразии содержания целей урочной и внеурочной воспитательной деятельности; в разрыве между интересами, запросами детей и предлагавшимися им коллективными делами; недостаточном вовлечении в организацию коллективной деятельности самих детей, как активных субъектов. Важно избежать подобные недостатки в современной практике путем сочетания социального развития коллективной деятельности и детского самоуправления

(А.С. Макаренко, Ю.П. Сокольников): общественно востребованные цели необходимо воспринимать в качестве собственных большинством воспитанников; цели деятельности коллектива должны быть объективно значимы; вариативность целей стимулирует развитие интересов, потребностей и способностей детей; необходимо соблюдение направленности деятельности коллектива на удовлетворение социально-значимых запросов умственно отсталых школьников и эмоциональное насыщение их жизни [7; 8]. Исследование подтвердило, что социальное развитие коллективной деятельности выступает объективной основой формирования музыкальной культуры детей с умственной отсталостью. Для этого необходимо проводить систематическую работу, направленную на: развитие ученического самоуправления с самого начала обучения, с первого класса, что предполагает формирование у детей представлений о содержании общественных обязанностей, возлагаемых на них поручений, готовность их выполнения и отчета за свою работу; последовательное усложнение предъявляемых требований к заданиям, вариативность и чередование поручений для сохранения интереса к их реализации, с учетом индивидуальных особенностей воспитанников и их интересов; сформировать у детей адекватную самооценку, а также готовность оценивать деятельность своих сверстников, замечая в ней не только ошибки, но и успехи; включение игровых элементов организации детского самоуправления; побуждение социальной позиции, проявление инициативы, самостоятельности, заботы, взаимопомощи в совместной деятельности. Успешность учения детей воздействует на результативность и эффективность овладения умственно отсталыми школьниками музыкальной культурой, что связано со значением данного ведущего вида деятельности в личностном развитии. Негативное влияние на формирование основ музыкальной культуры осознания неуспешности в учебе школьником обусловлено резким снижением учебной мотивации и познавательной активности. Без результативной учебы невозможно эффективное социальное и возрастное развитие школьников, поскольку недостатки содержания и технологий учебной деятельности препятствуют формированию позитивного отношения к ней, влияют на возникновение отрицательного образа личности в коллективе и, как следствие, на формирование ее положительных личностных качеств. Мысль, принадлежащая С.Л. Соловейчику, о том, что учение школьников должно быть учением с увлечением, доставлять радость, в полной мере играет решающую роль в формировании основ музыкальной культуры у умственно отсталых обучающихся. Наша практическая деятельность показала, что несоблюдение подобной стратегии, особенно в младших классах, характеризует процесс обучения антигуманностью, жестокостью, авторитарностью, резко снижая эффективность воспитания общей и музыкальной культуры у школьников. Важным элементом, способствующим улучшению эффективности учения, является включение в учебную деятельность игр, занимательного материала, повышающих эмоциональный настрой, фон учения, проявление детской самодеятельности и самостоятельности. Так, на уроках появлялись любимые сказочные персонажи, приносящие загадочные конверты, волшебные шкатулки, хранящие интересные задания, и по выбору дети получали сложные, но желанные задания. Планирование урока с помощью символов-картинок, блок-схем повышало ориентацию детей в познавательной деятельности и овладении новым музыкальным материалом. В случае, если в «домике, где проживают музыкальные загадки», возникла проблема по причине трудновыполнимого задания, педагогу приходилось относиться к данной ситуации с пониманием: «Дети, вижу, что вам нелегко. С моей помощью попробуем отгадать их еще раз вместе. Я уверен, что с завтрашнего дня отвечать на вопросы вам будет легче». Тактичность, обоснованность поощрения и стимулирования поведения детей, вербальные и невербальные средства педагогического общения педагога значительно повышают эмоциональный комфорт детей. Специально создаваемые воспитывающие ситуации, в которых дети имели возможность рассуждать, высказывать собственное мнение: «Я надеюсь, что поступил правильно, поскольку…», «Я не уверен, сомневаюсь, мне кажется…» и т.д., высказывали оценочные суждения, порой не совпадавшие с мнением педагогов, способствовали накоплению опыта развития самостоятельного суждения, уверенности обучающихся. Положительный результат достигается при использовании следующих приемов: в случае затруднений при ответе учащийся выбирает себе помощника («помощь класса»); для оценивания собственного ответа ученик сам «назначает» себе «учителя» среди одноклассников; использование средств невербальной коммуникации: знаки-жесты движениями пальцев, кистей рук, кивки, наклон головы; использование игр, способствующих развитию умения слушать и понимать другого человека. Включение в процесс

учения элементов игры, как показал наш практический опыт работы музыкальным руководителем детского дома № 9 г. Москвы, продемонстрировало интенсификацию процесса формирования основ музыкальной культуры умственно отсталых детей. Элементы игровых сюжетов помогали облегчать учение, делать его более интересным и занимательным, создавать у обучающихся бодрый рабочий настрой, облегчать преодоление затруднений в овладении учебным материалом. Нами использовались сюжетно-ролевые, музыкально-дидактические игры, инсценировки, игры-драматизации, моделировались игровые и занимательные ситуации. Приходившие на занятия известные герои детских сказок Буратино, Незнайка, Красная Шапочка, Хрюша задавали воспитанникам «хитрые вопросы», приносили письма с загадками. Почемучка, грамотный и знающий персонаж, огорчался, если дети не могли верно ответить на его вопросы. Накануне нового года на занятия приносили телефонограммы, sms-сообщения с заданиями от деда Мороза, Снегурочки, Бабы-Яги, Кощея Бессмертного. В соответствии с особенностями психической деятельности умственно отсталых детей, быстрой отвлекаемостью, повышенной истощаемостью, кратковременностью продуктивного произвольного внимания, воспитанники не могли длительное время находиться в вымышленной ситуации игры. Для отдыха и сохранения познавательной активности на уроке важно чередование различных игр [9]. На смену играм, требующим интенсивной работы интеллекта, таких как игры «Отгадай, что звучит?» с заданиями: «Назови услышанные музыкальные инструменты. Почему их звуки отличаются друг от друга?», приходили музыкально-ритмические игры, пальчиковая гимнастика, дыхательные упражнения [10; 11]. Наше исследование подтвердило положение о том, что учение может быть эффективным только в случае сочетания урочной и внеурочной деятельности. Результативность учения, как фактора формирования музыкальной культуры обучающихся с умственной отсталостью находится в прямой зависимости не только от организационно-содержательного компонента, но и от желания детей, формирующегося, в том числе и во внеурочной деятельности. Сочетание учения с внеклассной работой позволяет педагогам расширить сферу формирования музыкальной культуры умственно отсталых школьников. Недооценка специалистами степени влияния внеурочной деятельности приводит к резкому сужению целенаправленного взаимодействия по формированию целостной личности обучающихся и их музыкальной культуры. Урочная и внеурочная деятельность обучающихся представляют собой единый образовательный процесс, педагогически целесообразную организацию обоих видов деятельности в их единстве, взаимодополнении, позволяют сформировать определенную микросреду образовательной организации, благоприятную для духовного становления детей, целенаправленно влияющую на развитие музыкальной культуры умственно отсталых школьников [12–14]. Среди внеурочных организационных форм деятельности по музыкальному воспитанию мы пользовались массовыми, групповыми и индивидуальными формами занятий системы воспитательной работы и дополнительного образования. Массовая форма включала утренники, посвященные государственным и народным праздникам («День знаний», «Праздник урожая», «Золотая Осень», «Новогодний карнавал», «Мамин праздник»); музыкальные торжества («День именинника», «Юбилей школы»); танцевальные вечера, конкурсы песни, смотры художественной самодеятельности (песни о школьной жизни, труде, весне); посещение концертных площадок, опер, балетов; концертные выступления на региональных и межрегиональных праздниках, творческих состязаниях. Подобная форма позволяет вовлечь в активную музыкальную деятельность огромное количество детей, от нескольких десятков до нескольких тысяч человек. Начиная с 1989 г. Департаментом образования города Москвы совместно с городским центром досуга и творчества молодежи в составе конкурса «Юные таланты Московии» организовывался фестиваль детского творчества «Надежда». В финальных выступлениях, проводившихся до недавнего времени в центральном концертном зале «Россия» в центре Москвы, а затем в «Лужниках», кроме призеров фестиваля, учащихся специальных школ, учреждений для детей-сирот и детей, оставшихся без попечения родителей, представляли свои творческие работы известные в нашей стране мастера, артисты, композиторы (Н.Г. Бабкина, Н.Н. Добронравов, Т.Г. Дурова, Ю.В. Никулин, А.Н. Пахмутова). Впервые став лауреатами в 1995 г. под руководством Е.А. Евтушенко, Л.Д. Манец, Е.В. Чернышковой и др., наши воспитанники (И. Варакина, В. Евдокишин, А. Сермягина, В. Скирденко, Р. Трошин, О. Ченцова и др.) в последующем становились призерами этого фестиваля и выступали на крупнейших концертных площадках страны. В настоящее время в г. Москве реализуются не менее успешные проекты: «*Inclusive dance*», 2013; Фестиваль детского (юношеского) творчества «*1+1*», 2015 «*Рожде-*

ственская Звезда», 2016. Групповая форма организации внеурочной музыкальной деятельности предусматривает занятия в воспитательных группах и студиях допобразования: творческие коллективы сольного и хорового пения; студии современного бального, народного и спортивного танца; оркестры детских, народных, духовых, шумовых инструментов, вокально-инструментальные ансамбли. Важно, чтобы студии музыкального направления осуществляли тесную взаимосвязь со всеми творческими объединениями в единой системе образовательного процесса. Результаты самодеятельного творчества обучающиеся представляют на отчетных концертах, музыкальных вечерах, смотрах художественной самодеятельности, различных конкурсах. В качестве отдельной формы групповой работы необходимо выделить музыкальные занятия, проводимые музыкальным руководителем. Основным содержанием занятий является получение детьми новых музыкальных знаний, расширение, дополнение и углубление сведений, полученных на уроках музыки. В ходе закрепления имеющихся навыков осуществляется деятельность по совершенствованию музыкально-исполнительских качеств, подготовка к общешкольным событиям. Используемые индивидуальные формы музыкального воспитания обусловлены психоневрологическими расстройствами эмоциональной сферы и поведения по типу психопатий или аутистических проявлений, препятствующими участвовать детям в коллективных видах деятельности или, в других случаях, предоставляли возможность музыкально одаренному умственно отсталому ребенку получить дополнительную помощь в музыкальном развитии [15]. Таким образом, в заключение можно сделать вывод о том, что, только используя все *общие условия* эффективности целостного образовательного процесса: музыкально-развивающая среда; коллектив воспитанников; успешность учения детей; сочетание урочной и внеурочной деятельности, можно реализовать потенциальные возможности музыкальной деятельности в развитии личности умственно отсталого ребенка и преодолении имеющихся у него расстройств.

Список литературы

1. Сокольников Ю.П. Теория и логика педагогической деятельности [Текст] / Ю.П. Сокольников. – М.; Белгород: Изд-во Белгород. гос. ун-та, 2000. – 149 с.

2. Основы олигофренопедагогики / В.М. Мозговой, И.М. Яковлева, А.А. Еремина. – М.: Академия, 2006. – 224 с.

3. Программы специальных (коррекционных) образовательных учреждений VIII вида. Подготовительный, 1–4 классы. – М.: Просвещение, 2006. – 192 с.

4. Евтушенко И.В. Методологические основы музыкального воспитания умственно отсталых школьников / И.В. Евтушенко // Фундаментальные исследования. – 2013. – № 10–13. – С. 2963–2966.

5. Евтушенко Е.А., Чернышкова Е.В. Педагогические условия эффективности эстетического воспитания глухих детей в музыкально-ритмической деятельности // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4; URL: http://www.science-education.ru/127-20818 (дата обращения: 24.03.2018).

6. Евтушенко И.В. Формирование основ музыкальной культуры умственно отсталых школьников в системе специального образования: дис… д-ра пед. наук (13.00.03) / Евтушенко Илья Владимирович; МГГУ им. М.А. Шолохова. – М., 2009. – 434 с.

7. Евтушенко И.В. Формирование профессионально-правовой компетентности учителя-дефектолога / И.В. Евтушенко // Коррекционная педагогика. – 2008. – № 1 (25). – С. 57–66.

8. Чернышкова Е.В. Эстетическое воспитание глухих учащихся младших классов // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 4.; URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=20623 (дата обращения: 24.03.2018).

9. Евтушенко А.И. Особенности начального обучения современным бальным танцам умственно отсталых детей / А.И. Евтушенко // Итоговый сборник II Всероссийского съезда дефектологов. – М., 2017. – С. 185–189.

10. Алмазова А.А. Обучение построению текста учащихся специальной (коррекционной) школы V вида / А.А. Алмазова. – М.: Прометей, 2004. – 109 с.

11. Туманова Т.В. К проблеме развития процессов словообразования у младших школьников с общим недоразвитием речи / Т.В. Туманова // Дефектология. – 2004. – № 5. – С. 34–41.

12. Евтушенко Е.А. Использование регулятивной функции театрализованной деятельности в воспитании умственно отсталых детей / Е.А. Евтушенко // Социально-гуманитарные знания. – 2010. – № 4. – С. 341–348.

13. Евтушенко Е.А. Нравственное воспитание умственно отсталых младших школьников во внеучебной театрализованной деятельности: дис… канд. пед. наук (13.00.03) / Евтушенко Елена Александровна; МГГУ им. М.А. Шолохова. – Москва, 2010. – 224 с.

14. Евтушенко Е.А. Роль театрализованной деятельности в нравственном воспитании умственно отсталых детей младшего школьного возраста / Е.А. Евтушенко // Вестник Череповецкого государственного университета. – 2010. – № 3. – С. 12–15.

15. Евтушенко И.В., Левченко И.Ю., Фальковская Л.П. Особенности разработки программы ранней помощи и сопровождения детей с ограниченными возможностями здоровья и их семей // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6; URL: http://www.science-education.ru/130-23501 (дата обращения: 24.03.2018).

УДК 376.112.4

УПРАВЛЕНИЕ РАЗВИТИЕМ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПЕДАГОГОВ, РАБОТАЮЩИХ С УЧАЩИМИСЯ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

Ильина А.В.

ГБУ ДПО «Челябинский институт переподготовки и повышения квалификации работников образования», Челябинск, e-mail: avilyina@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы управления развитием профессиональных компетенций педагогических работников, работающих с учащимися с ограниченными возможностями здоровья. Данный аспект имеет существенное значение в условиях реализации федеральных государственных образовательных стандартов общего образования. Автор статьи обосновывает необходимость создания на региональном уровне единого пространства обмена знаниями. Оно позволяет осуществлять адресную поддержку руководителей и педагогов по разрешению затруднений, возникающих у них в ходе обучения и воспитания детей с ограниченными возможностями здоровья. Одной из задач рассматриваемого пространства является стимулирование работников образования к собственному профессиональному росту. При этом архитектоника данного пространства позволяет аккумулировать в областной образовательной системе различные взгляды на научно-методическое сопровождение руководителей и педагогов, работающих с детьми с ограниченными возможностями здоровья. Центральную позицию в данной системе взглядов занимает понятие «развитие профессиональных компетенций» и собственно управление данным развитием на территории Челябинской области. Автор акцентирует внимание на том, что управление развитием профессиональных компетенций руководящих и педагогических работников в региональной образовательной системе может осуществляться каскадно. При этом субъекты управления имеют большую степень свободы в части установления взаимодействия друг с другом, что имеет принципиальное значение в контексте развития их профессиональных компетенций.

Ключевые слова: профессиональные компетенции, педагогические работники, дополнительное профессиональное образование, управление развитием профессиональных компетенций, учащиеся с ограниченными возможностями здоровья

PROFESSIONAL COMPETENCIES' DEVELOPMENT MANAGEMENT OF THE TEACHERS WORKING WITH STUDENTS WITH DISABILITIES

Ilina A.V.

Chelyabinsk Institute of Retraining and Improvement of Professional Skill of Educators, Chelyabinsk, e-mail: avilyina@mail.ru

The article deals with the issues of the professional competencies' development management of pedagogical workers who are working with students with disabilities. This aspect is of great importance in the context of the implementation of federal state educational standards of general education. The author of the article justifies the need to create a single space for the exchange of knowledge at the regional level. It allows carrying out a targeted support of managers and teachers in resolving their difficulties encountered during the training and education of children with disabilities. One of the objectives of the space under consideration is to stimulate educators to their own professional growth. At the same time, the architectonics of this space makes it possible to accumulate in the regional educational system different views on the scientific and methodological support of leaders and teachers working with children with disabilities. The central position in this system of views is the concept of «professional competencies' development» and actually this development management in the territory of the Chelyabinsk region. The author focuses attention on the fact that the professional competencies' development management of leading and pedagogical workers in the regional educational system can be cascaded. At the same time, the subjects of management have a greater degree of freedom in terms of establishing interaction with each other, which is of fundamental importance in the context of the development of their professional competencies.

Keywords: professional competencies, pedagogical workers, additional vocational education, professional competencies' development management, students with disabilities

В условиях реализации федеральных государственных образовательных стандартов общего образования пристальное внимание уделяется развитию профессиональных компетенций руководителей и педагогов образовательных организаций, работающих с детьми с ограниченными возможностями здоровья.

Проведенный анализ образовательной системы Челябинской области позволил выделить ряд противоречий социально-педагогического, научно-педагогического, научно-методического и психологического планов, важных с точки зрения управления развитием профессиональных компетенций педагогических работников. В частности, нами выделены следующие проблемы:

– недооценка руководителями образовательных организаций потенциала научно-методического сопровождения и поддержки педагогических работников по реализации

ими трудовых функций в соответствии с профессиональными стандартами;

– недостаточный опыт осуществления педагогами и воспитателями коррекционно-развивающей деятельности, обусловленный отсутствием системных психолого-педагогических знаний об особенностях обучения и воспитания обучающихся с ОВЗ, о специфике инклюзивного образования;

– недооценка руководителями образовательных организаций роли педагогических работников, родителей (законных представителей) в формировании толерантной среды по отношению к обучающимся с ограниченными возможностями здоровья.

Специфика деятельности руководителей и педагогов, работающих с учащимися с ОВЗ, учтена нами при определении структуры понятия «профессиональная компетентность руководящих и педагогических работников» [1; 2] (рис. 1).

В частности, учитывая традиционное понимание профессиональной компетентности как единства теоретической и практической готовности педагогического работника к осуществлению педагогической деятельности [1], следует рассматривать её как интеграцию профессиональных компетенций различной природы (знаний, умений, обобщенных способов профессиональных действий и профессионально важных личностных качеств).

Соответственно, развитие профессиональных компетенций руководителей и педагогических работников [3], осуществляющих обучение и воспитание учащихся с ограниченными возможностями здоровья, представляет собой целенаправленный процесс и результат количественных и качественных изменений в знаниях, умениях, обобщенных способах профессиональных действий и профессионально важных личностных качествах, происходящих под действием определённых средств и / или специально организованных условий.

Говоря об особенностях управления на региональном уровне развитием профессиональных компетенций руководителей и педагогических работников, целесообразно определить, что мы понимаем под данным термином.

В литературе управление рассматривается как целенаправленный и постоянный процесс воздействия субъекта управления на объект управления. При этом в качестве атрибутивных признаков данного понятия выступают:

1) наличие элементов: субъекта управления и объекта управления;

2) осуществляется в условиях совместной деятельности людей и их общностей;

3) характеризуется направленностью на достижение конкретной цели, воплощение которой отражено в определенных результатах;

4) представляется в виде целостной организованной системы действий;

5) связано с упорядочением воздействий;

6) обеспечивается системой определенных средств / условий.

Указанные позиции позволяют утверждать, что управление развитием профессиональных компетенций руководителей и педагогов, работающих с учащимися с ОВЗ, может быть осуществлено при условии создания такого пространства обмена знаниями, которое позволило бы осуществлять их адресную поддержку по разрешению возникающих затруднений и удовлетворению потребностей и, соответственно, стимулировало бы их к собственному профессиональному росту [4].

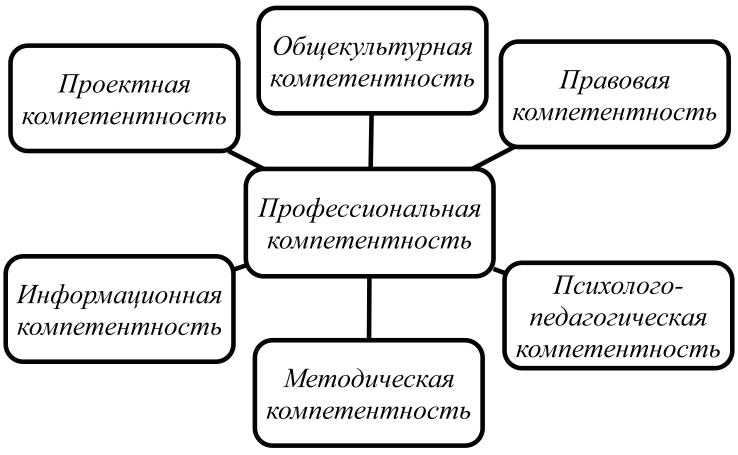


Рис. 1. Структура понятия «профессиональная компетентность руководящих и педагогических работников»

Системообразующим фактором такой работы являются требования профессиональных стандартов. Исходя из этого, модель управления развитием профессиональных компетенций руководителей и педагогов, работающих с учащимися с ограниченными возможностями здоровья (далее – модель), представляет собой совокупность четырех взаимосвязанных и взаимообусловленных блоков (целевого, организационно-процессуального, деятельностного и результативного).

Целевой блок модели определяет цель, задачи и планируемые результаты ее реализации на региональном уровне. В частности, как было отмечено ранее, генеральной линией выступает создание пространства обмена знаниями, обеспечивающего адресную поддержку руководителей и педагогов, работающих с детьми с ОВЗ, и мотивирующего их на управление собственным профессиональным ростом [5–7].

Организационно-процессуальный блок модели представлен механизмами ее реализации и описанием системы управления. Механизмы реализации представляют собой инструменты организации эффективного исполнения мероприятий, составляющих содержательную основу модели и представленных в деятельностном блоке, а также контроля достижения ожидаемых результатов. К таким инструментам в рамках модели отнесены:

комплексная мотивационная среда, позволяющая обеспечить адресность развития профессиональных компетенций руководителей и педагогов образовательных организаций, осуществляющих реализацию адаптированных основных общеобразовательных программ различных уровней образования для детей с ограниченными возможностями здоровья, в ходе проведения для них инновационных конкурсов, обучающих и консультационных мероприятий, тьюторского сопровождения, осуществляемых в онлайн- и офлайн-режимах и др.

Выделение указанного механизма обусловлено, например, наличием в региональной системе общего образования практики проведения конкурсов инновационных проектов («Современные образовательные технологии», «Новой школе – новые стандарты», «Обучение без границ» и др.). Кроме того, в регионе функционирует семь ресурсных центров по вопросам инклюзивного образования, созданных на базе образовательных организаций Челябинской области, кадровый потенциал которых позволяет осуществлять консалтинговую деятельность и тьюторское сопровождение педагогов и школьных команд образовательных организаций по вопросам образования детей с ОВЗ;

инновационная направленность профессиональной деятельности руководителей образовательных организаций и педагогов, работающих с детьми с ОВЗ, что позволяет обеспечить их вовлечение в совместную инновационную деятельность.

Содержательное наполнение данного механизма проявляется в реализации региональных научно-прикладных проектов, сущность и содержание которых отражено нами ранее в ряде публикаций. Иной содержательной линией является разработка продуктов совместной инновационной деятельности муниципальных (субмуниципальных) и / или школьных команд (например, разработка дополнительных общеразвивающих программ различных направленностей, дополнительных профессиональных программ в соответствии с положениями профессиональных стандартов [8]), а также представление продуктов инновационной деятельности широкому кругу потребителей, в том числе с использованием потенциала телекоммуникационной сети Интернет;

сетевое взаимодействие при проектировании, разработке, апробации или внедрении продуктов инновационной деятельности, организации и проведении различного рода мероприятий для участников отношений в сфере образования в онлайн- и офлайн-режимах. Данный механизм обеспечивает аккумулирование кадровых, программно-методических, интеллектуальных, временных ресурсов не только для решения актуальных проблем образования детей с ограниченными возможностями здоровья, но и для разрешения возникающих у руководителей и педагогов затруднений, а также для удовлетворения их профессиональных потребностей;

информирование участников отношений в сфере образования о ходе и результатах реализации модели, что обеспечит реализацию тезиса о том, что система общего образования должна функционировать на основе принципа открытости [9].

Особенностью реализуемой на территории Челябинской области модели является то, что управление развитием профессиональных компетенций руководящих и педагогических работников осуществляется каскадно. Отметим, что подобного рода представление рассматриваемого процесса позволяет визуализировать сложную систему в виде последовательности менее сложных подсистем, соединенных между собой по принципу обратной связи (рис. 2).

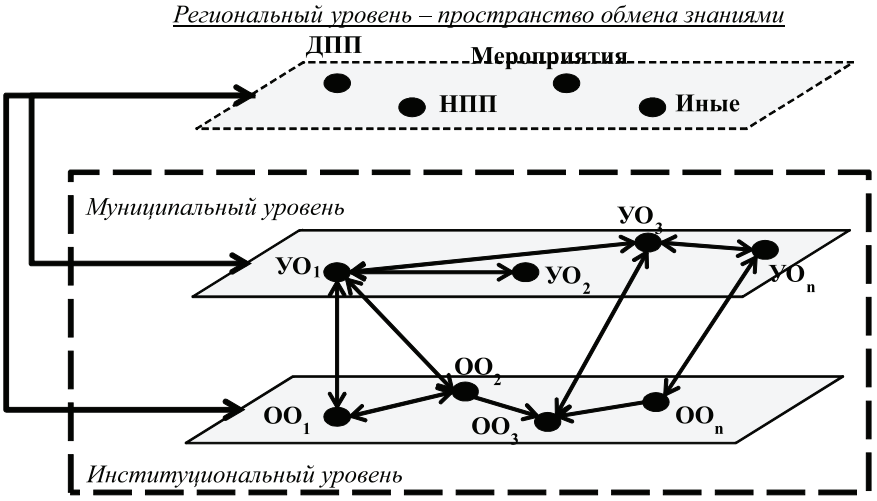


Рис. 2. Схема управления развитием профессиональных компетенций руководителей и педагогов: ДПП – дополнительные профессиональные программы (повышения квалификации, профессиональной переподготовки), реализуемые на территории Челябинской области; НПП – научно-прикладные проекты; $УО_n$ – органы местного самоуправления, осуществляющие управление в сфере образования (или их структурные подразделения); $ОО_n$ – образовательные организации

Каскадный принцип управления развитием профессиональных компетенций руководителей и педагогов позволяет выделить три уровня, на которых осуществляется управление.

Региональный уровень, задача которого трансформировать ключевые цели образования детей с ограниченными возможностями здоровья в вектор развития профессиональных компетенций руководителей и педагогов. Направление данного вектора определяет конечную точку – достижение индикативных показателей развития образования Челябинской области по рассматриваемому направлению деятельности.

Еще раз отметим, что в рассматриваемом аспекте необходимым условием реализации модели является создание пространства обмена знаниями. Оно представляет собой совокупность краткосрочных обучающих, информационно-методических, научных и консалтинговых мероприятий (вебинаров, семинаров, практикумов и пр.), организуемых управляющей подсистемой при взаимодействии с субъектами управляемой подсистемы, в ходе которых осуществляется тьюторское сопровождение муниципальных (субмуниципальных) и / или школьных команд участников, в том числе с использованием интерактивных площадок.

Основаниями для представленного понимания управления в части развития профессиональных компетенций руководителей и педагогов образовательных организаций, осуществляющих реализацию адаптированных основных общеобразовательных программ различных уровней образования для учащихся с ограниченными возможностями здоровья, являются:

1) реализация на территории Челябинской области системы дополнительных профессиональных программ, что позволяет совершенствовать профессиональные компетенции руководителей и педагогов образовательных организаций, работающих с детьми с ОВЗ, в условиях меняющегося законодательства;

2) наличие системы научно-методического сопровождения педагогических работников в части реализации программ курсов внеурочной деятельности и дополнительных общеобразовательных программ для детей с ОВЗ;

3) наличие системы изучения, обобщения и распространения эффективного опыта внедрения инклюзивного образования детей с ОВЗ в общеобразовательных организациях Челябинской области;

4) наличие информационной среды научно-методического сопровождения обучения детей с ОВЗ.

Муниципальный уровень управления представляет собой уровень, на котором осуществляется превентивная деятельность по достижению индикативных показателей развития образования Челябинской области по вопросам образования учащихся с ОВЗ и обеспечивается оперативный контроль их дости-

жения. Кроме этого, именно на этом уровне в соответствии с определёнными законодательством полномочиями происходит декомпозиция целевых показателей в установки в отношении необходимости развития определенного рода профессиональных компетенций у руководителей и педагогов. Данные установки определяются, прежде всего, на основе имеющихся в муниципальных образованиях ресурсов. При этом неотъемлемым элементом является возможность использования субъектами управления данного уровня ресурсов созданного на региональном уровне пространства обмена знаниями.

Институциональный уровень управления рассматривается как уровень использования и предоставления ресурсов, которые могут быть востребованы руководителями и педагогами образовательных организаций, работающих с учащимися с ОВЗ. При этом, безусловно, субъекты управления данного уровня имеют возможность непосредственно взаимодействовать друг с другом и субъектами иных уровней, что обеспечивает достижение индикативных показателей развития образования Челябинской области по вопросам образования учащихся с ОВЗ.

Акцентируем внимание на том, что субъекты управления (представители органов местного самоуправления, осуществляющих управление в сфере образования; руководители и педагогические работники образовательных организаций) в каждом из описанных выше уровней имеют большую степень свободы в части установления взаимодействия друг с другом (рис. 2).

Каскадный подход к управлению развитием профессиональных компетенций руководящих и руководителей и педагогических работников, осуществляющих реализацию адаптированных основных общеобразовательных программ различных уровней образования для детей с ограниченными возможностями здоровья, также отражен в деятельностном блоке модели. Указанный блок представляет собой перечень мероприятий по решению поставленных на трех уровнях управления (региональном, муниципальном и институциональном) задач.

Результативный блок модели отражен в интегративном результате ее реализации – сформированности готовности руководителей образовательных организаций и педагогов, работающих с детьми с ОВЗ, к осуществлению профессиональной деятельности в соответствии с требованиями профессиональных стандартов. Достижение указанного результата осуществляется в условиях как расширения практики обобщения эффективного педагогического опыта образования детей с ОВЗ, а также распространения и представления продуктов инновационной деятельности образовательных организаций, в том числе с использованием потенциала телекоммуникационной сети Интернет; так и расширения спектра научных, информационно-консультационных и образовательных мероприятий для участников отношений в сфере образования, имеющих ярко выраженную практико-ориентированную направленность, в том числе по вопросам распространения идей и социальных образцов толерантного отношения к детям с ОВЗ в системе образования, психолого-педагогического просвещения родителей (законных представителей), организованных в онлайн- и офлайн-режимах.

Таким образом, сформированная на региональном уровне на основе современных психолого-педагогических теорий система взглядов на научно-методическое сопровождение педагогов, работающих с детьми с ограниченными возможностями здоровья, являясь источником развития профессиональных компетенций педагогических работников, позволяет как включить педагогов в управление собственным профессиональным ростом, так и осуществить адресную поддержку педагогов, работающих с детьми с ограниченными возможностями здоровья.

Список литературы

1. Педагогика: учебное пособие для студентов педагогических учебных заведений / В.А. Сластенин, И.Ф. Исаев, А.И. Мищенко, Е.Н. Шиянов. – М.: Школа-Пресс, 1997. – 512 с.

2. Маркова А.К. Психология труда учителя / А.К. Маркова. – М.: Просвещение, 1993. – 192 с.

3. Новиков А.М. Педагогика: словарь системы основных понятий / А.М. Новиков. – М.: Издательский центр ИЭТ, 2013. – 268 с.

4. Возняк И.В. Развитие системы подготовки педагогов для инклюзивного образования детей в России / И.В. Возняк // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. – 2017. – № 2(31). – С. 51–59.

5. Об утверждении профессионального стандарта «Педагог (педагогическая деятельность в сфере дошкольного, начального общего, основного общего, среднего общего образования) (воспитатель, учитель)»: Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 18 октября 2013 г. № 544н [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/70435556/ (дата обращения: 05.02.2018).

6. Об утверждении профессионального стандарта «Педагог-психолог (психолог в сфере образования)»: Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 24 июля 2015 г. № 514н [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://base.garant.ru/71166760/ (дата обращения: 25.01.2018).

7. Об утверждении профессионального стандарта «Специалист в области воспитания»: Приказ Министерства труда и социальной защиты Российской Федерации от 10 января 2017 г. № 10н [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://normativ.kontur.ru/document?moduleId=1&documentId=288515 (дата обращения: 06.02.2018).

8. Абрамовских Т.А. Особенности отбора содержания дополнительных профессиональных программ на основе диагностики субъектной позиции слушателей из числа руководителей образовательных организаций / Т. А. Абрамовских // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров. – 2017. – № 3(32). – С. 52–63.

9. Об образовании в Российской Федерации: Федеральный закон от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 10.01.2018).

УДК 796.052.2:004.92/.94

МЕТОДЫ И ПРИЕМЫ ДОПОЛНЕННОЙ РЕАЛЬНОСТИ В ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКЕ СПОРТСМЕНОВ КОМАНДНО-ИГРОВЫХ ВИДОВ СПОРТА

Козин В.В., Витман Д.Ю.

ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет физической культуры и спорта», Омск, e-mail: cousi@mail.ru

В данной статье рассматривается проблема использования систем дополненной реальности в регистрации и анализе соревновательной и тренировочной деятельности спортсменов командно-игровых видов спорта. Представлена технология использования дополненной реальности, основанная на формализации и исправлении нечетких ситуационных и двигательных представлений спортсменов о соревновательной игровой деятельности. На примере баскетбола описаны методы и приемы дополненной реальности, позволяющие при фрагментации оперативного игрового пространства игроков выполнять качественный анализ игровых ситуаций, выделять игровые фазы и стадии в рамках типовых и минимальных игровых ситуаций, отмечать начальные игровые условия. Таким образом визуализированная информация в тренировочном процессе позволяет тренеру разрабатывать упражнения, учитывающие специфику подаваемой информации об отдельных целостных или минимальных ситуациях игры, и вносить в эти упражнения коррективы. Отмечено положительное влияние методов и приемов дополненной реальности на показатели, характеризующие точность и последовательность воспринимаемой спортсменом информации об игровых условиях, прогнозирование игровых ситуаций. Использование системы дополненной реальности способствует совершенствованию процесса тактико-технической подготовки квалифицированных спортсменов. Представленные результаты предназначены для специалистов, тренеров и игроков командно-игровых видов спорта.

Ключевые слова: игра, команда, подготовка, ситуационные представления, дополненная реальность

METHODS OF AUGMENTED REALITY IN THE TACTICAL AND TECHNICAL TRAINING ATHLETES OF TEAM-SPORT GAMES

Kozin V.V., Vitman D.Yu.

Siberian State University of Physical Education and Sport, Omsk, e-mail: cousi@mail.ru

This article discusses the problem of the use of augmented reality systems in the registration and analysis of competitive and training activities athletes command sports game. Represented by the use of augmented reality technology, based on the formalization and correcting fuzzy situational and motor imagination of athletes of competitive gaming activities. The example of basketball describes methods and techniques of augmented reality that allow, in the fragmentation of the operational game space of players, to perform a qualitative analysis of game situations, to allocate game phases and stages within the framework of typical and minimal game situations, as well as initial game conditions. Thus, visualized information in the training process allows the coach to develop exercises tailored to feed information about the individual integrity or minimum situations of the game and make adjustments in these exercises. The positive influence of methods and techniques of augmented reality in the indicators characterizing the accuracy and consistency of the perceived information about an athlete playing conditions, forecasting of game situations. The use of the augmented reality system contributes to the improvement of the tactical and technical training of qualified athletes. The presented results intended for coaches and players of team-sport games.

Keywords: game, team, training, situational imagination, augmented reality

В тактико-технической деятельности игроков важную роль играет система перцептивных, интеллектуальных, эмоциональных и волевых процессов, происходящих в постоянно изменяющихся условиях [1, 2]. При этом активное сопротивление соперника в командно-игровых видах спорта способствует рассогласованию замысла игрока и информации о результатах действий. Варианты несоответствия между прямой и обратной связью составляют различные типы рассогласований в регуляции действия и определяют игровые ситуации, вызывающие затруднения у спортсменов [3, 4].

Учитывая характер игровой деятельности в командно-игровых видах спорта, на первый план выходит информационная составляющая, заключающаяся в восприятии ситуации спортсменом, ее анализе, представлении и последующем двигательном решении. Следовательно, формализация нечетких представлений о содержании игровой деятельности – одна из главных задач, которую необходимо решать при разработке моделей и методов принятия решений в слабоструктурированных системах – игровых ситуациях [5]. В этом направлении популярность приобретает использование информационных технологий, в частности дополненной реальности как средства повышения качества информации о деятельности спортсменов, содержании возникающих и прогнозируемых игровых ситуаций.

Сейчас мы наблюдаем, как активно внедряются цифровые и информационные технологии в спортивные игры. Однако их наличие и использование еще не означает, что они выступают в качестве инструмента, позволяющего эффективно решать задачи подготовки команды. Это даёт основание для изучения возможностей дополненной реальности в обучении и совершенствовании действий игроков, а также дальнейшего поиска методов и приемов повышения эффективности тактико-технической деятельности спортсменов на основе визуализации игровых ситуаций.

Цель исследования – совершенствование процесса тактико-технической подготовки спортсменов командно-игровых видов спорта на основе методов и приемов дополненной реальности.

Материалы и методы исследования

Разработанная нами технология использования дополненной реальности основана на формализации и исправлении нечетких представлений о соревновательной деятельности: в процессе тренировочного занятия на отдельных игроков (разного амплуа) надеваются компактные видеокамеры «GoPro», которые не мешают игрокам выполнять тактико-технические задачи (таким образом видеосъемка осуществляется от первого лица). Помимо этого, отдельная широкоугольная камера размещается над игровой площадкой. Регистрация происходит во время выполнения упражнений. Видеопоток передается на стационарный ноутбук (с сенсорным экраном) по беспроводной связи и записывается на жесткий диск. Помощник тренера, находясь за ноутбуком, ставит временные маркеры по сигналу главного тренера, находящегося на площадке с игроками. Главный тренер подает сигнал помощнику каждый раз, когда замечает ошибки в выполнении упражнений или наблюдает нестандартное решение спортсменом тренерских установок.

Видеоанализ происходит следующим образом: тренер, по заранее отмеченным в видеофайлах маркерам, выбирает ситуации; при помощи программного обеспечения, включающего инструменты дополненной реальности, тренер разными графическими символами на сенсорном экране отмечает возникающие ошибки, выделяет ситуации или действия игроков, которые способствуют возникновению ошибок, отдельными символами показывает на экране фактические и возможные траектории передвижения игроков, мяча, шайбы, а также выделяет нестандартное решение игроками тактико-технических задач. При этом существует возможность показа отмеченных ранее игровых ситуаций с разных ракурсов, используя динамические видеоролики (с камер на игроках) и статические видеоролики (с камеры над площадкой). Продолжительность видеоанализа соответствует регламенту отдыха в зависимости от интенсивности и длительности упражнений.

Математико-статистический анализ применялся с целью изучения полученных показателей в ходе проведения исследования. Проводилась оценка достоверности различий исследуемых показателей при помощи t-критерия Стьюдента.

С октября 2016 г. по сентябрь 2017 г. проводились тестирование и педагогический эксперимент. В исследовании принимали участие квалифицированные спортсмены (30 чел.) в возрасте 18–25 лет. Экспериментальная группа состояла из 15 спортсменов (баскетбол – 5, футбол – 5, хоккей – 5), контрольная группа также состояла из 15 спортсменов соответствующих специализаций. Группы были однородны по квалификации (1 разряд, КМС). Изучались следующие показатели: точность воспроизведения игрового эпизода, последовательность описания игровой соревновательной деятельности, прогнозирование игровой ситуации, отклонение от траектории движений игроков на площадке.

Результаты исследования и их обсуждение

Дополненная реальность – результат дополнения поля восприятия разных сенсорных данных для дополнения сведений об условиях и улучшения восприятия информации. Система позволяет отображать виртуальные объекты на экране устройств (компьютеров, планшетов); просматривать виртуальные объекты посредством специальных очков и шлемов; визуализировать объекты в реальности [6]. В целом вариантов дополненной реальности огромное количество. В нашем случае система дополненной реальности используется для дополнения игровых, тренировочных, соревновательных условий виртуальными объектами, образами.

Предлагаемая нами технология использования дополненной реальности, основанная на формализации и исправлении нечетких представлений о соревновательной деятельности, вносит в тренировочный процесс важную информационную составляющую. Однако использование только визуализированной информации в тренировочном процессе не позволяет тренеру в перспективе разрабатывать упражнения, учитывающие специфику подаваемой информации об отдельных целостных или минимальных ситуациях игры, или вносить в эти упражнения коррективы. Поэтому нами были разработаны методы и приемы, позволяющие реализовывать данный процесс.

При разработке и обосновании методов и приемов дополненной реальности нами были взяты за основу методы, достаточно известные в теории и практике спорта и имеющие общностную специфику по структуре, но разную направленность в области применения. Прикладная специфика данных методов в основном проявляется при разработке упражнений различного характера: «методы целостного разучивания» и «методы расчлененного разучивания», «метод узких двигательных задач», «метод подводящих упражнений» [7, с. 610]. В на-

шем случае адаптация представленных методов к дополненной реальности достигалась за счет изменения таксономического пространства предметной области – за основу было взято игровое оперативное пространство игроков, ограничивающееся размерами спортивной площадки. При этом учитывались принципы типизации: одновременности или размеренности и изменении во времени; взаимодействии или порядке следования событий, их проецирования; согласованности размеров, расположений, форм [8].

К методам дополненной реальности относятся: расчленение, разведение, дробление, сжатие. Данные методы реализуются посредством приемов, позволяющих варьировать содержание упражнений: мелкое деление, крупное деление, выделение, редукция.

На рисунке показаны возможности применения методов и приемов дополненной реальности в разделении на части игрового пространства (спортивной площадки), анализе игровых ситуаций и последующей разработки упражнений тактико-технической направленности с учетом оперативного пространства баскетболиста. Под оперативным пространством игрока понимается пространство, в рамках которого спортсмен осуществляет тактико-техническую деятельность с определенными физическими усилиями. Выявлено, что в баскетболе радиус оперативного пространства каждого игрока составляет 3,24 метра [9].

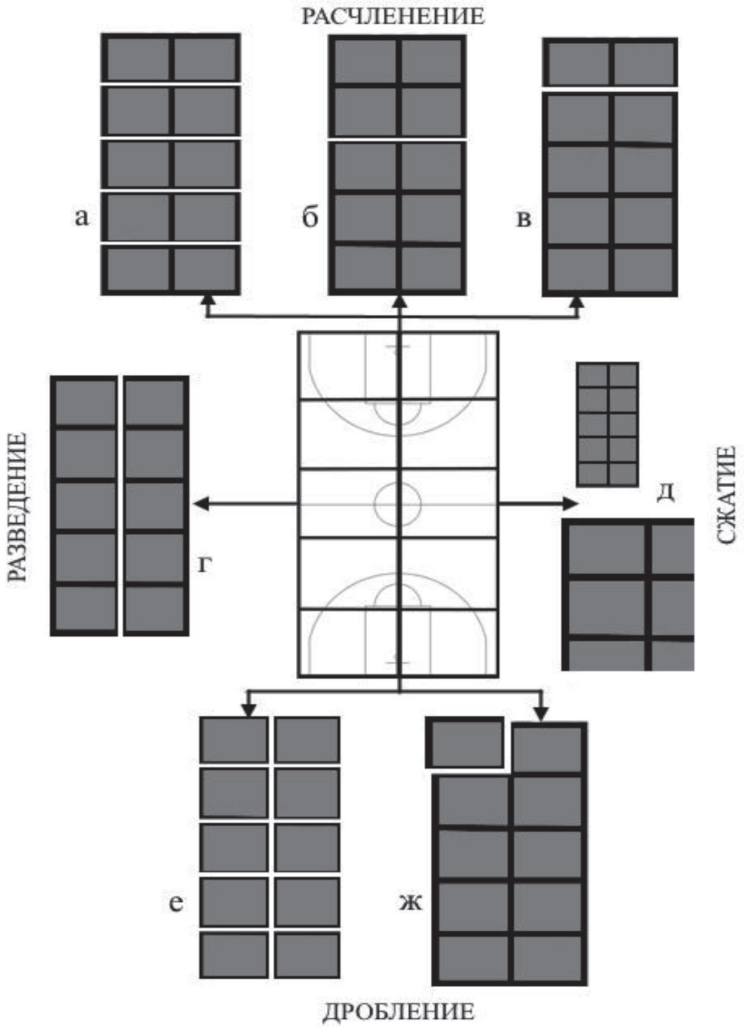
Способы деления спортивной площадки на части (фрагменты), с учетом оперативного пространства игроков, не только разнообразны, но и весьма различны по качеству, что крайне важно для эффективного использования системы дополненной реальности при анализе отдельных игровых ситуаций, разработке специфических упражнений и построении методики тактико-технической подготовки спортсменов командно-игровых видов спорта. Таким образом, спортивное упражнение имеет закономерно выстроенную структуру, включающую в себя пофазно развивающиеся игровые ситуации в рамках игровой площадки, способы ведения игры, расположение игроков на площадке, траектории их передвижения. Данные структурные образования дают принципиальные основания для выделения фрагментов (игровых зон) и использования в их рамках дополненной реальности с последующим анализом, разучиванием и совершенствованием тактико-технических действий. Рассмотрим разновидности методов дополненной реальности.

Расчленение. В данном случае имеется в виду способ деления спортивной площадки на части с разделением игровых фаз, стадий и типовых ситуаций (включают три и более игровых условия). Степень расчленения может быть различной в зависимости от целей, условий и тактико-технических задач, формируемых для спортсмена, группы занимающихся или спортивной команды. Таким образом, сложная, системная игровая ситуация доступна для расчленения на относительно мелкие или крупные части, подлежащие в дальнейшем анализу и визуализации на основе дополненной реальности.

Разведение представляет собой возможность деления игровых фаз, стадий и типовых ситуаций, которые разворачиваются одновременно, с целью их балансирования. В данном случае показательно сравнение методов расчленения и разведения. При наличии формального сходства (в том и другом случаях происходит деление спортивной площадки на фрагменты) они принципиально различны, так как при разведении сохраняются признаки системной целостности. Это позволяет свести к минимуму нечеткие представления спортсменов, тренеров о закономерностях развития игровых ситуаций, сохранить их содержание и темпо-ритмическое построение.

При совокупном использовании расчленения и разведения, фигурально говоря – и по вертикали, и по горизонтали, происходит *дробление*. Принципиально возможно применение дробления для выделения минимальных игровых ситуаций (включают два игровых условия) в игровых фазах, стадиях и типовых ситуациях. Это позволяет корректировать тактико-технические действия, исправлять нечеткие представления о содержании игровой соревновательной деятельности, последовательно изучать и совершенствовать детали тактики и техники.

Сжатие позволяет переносить совокупности фрагментов в отдельные игровые фазы, стадии для повышения доступности тактико-технических упражнений посредством их параметрического сокращения – снижения их энергетического потенциала с сопутствующим изменением других тактико-технических характеристик. При этом появляется возможность как упрощения упражнений за счет минимизации игрового пространства, так и усложнения за счет увеличения количества спортсменов на минимальном игровом пространстве. В данном случае сохраняются наиболее важные признаки целостной структуры игровой ситуации. При параметрическом сжатии возникает вид облегченного структурного аналога типовой игровой ситуации.



Методы и приемы дополненной реальности: а, е – мелкое деление; б, г – крупное деление; в, ж – выделение; в, д, ж – редукция

Мелкое деление (а, е) – прием, предполагающий разделение игровых ситуаций по частям, каждая из которых по объему содержащегося в ней материала не превышает размеров структурной фазы.

Крупное деление (б, г) – прием, при котором разделение происходит в рамках игровой фазы, стадии или типовой ситуации. Этот прием возможен только при использовании методов расчленения и разведения.

Выделение (в, ж) – прием, аналогичный по технологии мелкому делению: из игровой фазы, стадии или типовой ситуации выделяется малая часть (минимальная игровая ситуация), соизмеримая с полной структурой фазой игры или фазой в рамках двух игровых условий. Выделенный фрагмент является предметом анализа, обучения, коррекции или совершенствования, тогда как остальная часть может вовсе не затрагиваться.

Редукция (в, д, ж) – прием, обратный по смыслу выделению: любым из ранее названных приемов отделяется меньшая часть с тем, чтобы сделать оставшуюся большую часть доступной для более эффективного анализа или изучения.

В тренировочном процессе использование данных методов и приемов позволяет тренеру формировать архив с выделенными видеофайлами для дальнейшего учета особенностей тактико-технической деятельности игроков. Видеофайлы классифицируются и распределяются тренерским штабом по направлениям тактико-технической подготовки игроков для совершенствования тренировочного процесса, разработки командных и индивидуальных упражнений.

Результаты педагогического эксперимента контрольной и экспериментальной групп квалифицированных баскетболистов

Показатели	До эксперимента		P	После эксперимента		P
	КГ n = 15	ЭГ n = 15		КГ n = 15	ЭГ n = 15	
Точность схематического воспроизведения игрового эпизода (баллы)	5,4 ± 0,4	2,7 ± 0,8	>0,05	6,7 ± 0,8	9,6 ± 0,2	< 0,05
Последовательность описания игровой соревновательной деятельности (баллы)	5,6 ± 0,6	4,5 ± 0,9	>0,05	6,3 ± 0,6	7,5 ± 0,1	< 0,05
Прогнозирование игровой ситуации (с)	91,2 ± 7,1	96,8 ± 7,8	>0,05	90,4 ± 6,3	89,7 ± 0,9	< 0,05
Оценка ситуации (баллы)	7,8 ± 1,3	6,3 ± 1,5	>0,05	7,1 ± 1,3	9,8 ± 0,5	< 0,05
Допущенные ошибки при рефлексии действий другого игрока (кол-во)	7,4 ± 1,8	8,3 ± 1,7	>0,05	6,9 ± 1,8	3,5 ± 0,4	< 0,05
Отклонение от траектории движений игроков на площадке (м)	2,6 ± 0,6	2,9 ± 0,8	>0,05	2,4 ± 0,9	1,3 ± 0,2	< 0,05

В результате проведенного педагогического эксперимента было выявлено положительное влияние методов и приемов дополненной реальности на формализацию ситуационных и двигательных представлений (таблица), что служит основополагающим моментом в решении проблемы совершенствования процесса тактико-технической подготовки спортсменов командно-игровых видов спорта.

Выводы

1. Методы и приемы дополненной реальности являются эффективным инструментарием в разделении на части игрового пространства для дальнейшего анализа игровых ситуаций; выделения игровых фаз, стадий, типовых и минимальных игровых ситуаций; разработки тактико-технических упражнений с учетом оперативного пространства спортсменов. Подобная фрагментация сохраняет признаки целостной структуры игровой ситуации.

2. Использование методов и приемов дополненной реальности в тактико-технической подготовке квалифицированных спортсменов командно-игровых видов спорта способствует совершенствованию процесса подготовки, а также исправлению нечетких ситуационных и двигательных представлений спортсменов, что подтверждается приростом следующих показателей: точность схематического воспроизведения игрового эпизода (9,6 ± 0,2 балла, при $P < 0,05$); последовательность описания игровой соревновательной деятельности (7,5 ± 0,1 балла, при $P < 0,05$); прогнозирование игровой ситуации (89,7 ± 0,9 с); отклонение от траектории движений игроков на площадке (1,3 ± 0,2 м, при $P < 0,05$).

Список литературы

1. Босенко Ю.М. Психологические особенности реагирования спортсменов на ситуации оценивания / Ю.М. Босенко // Материалы IX Международной научно-практической конференцио психологов физической культуры и спорта «Рудиковские чтения» (27–28 мая 2013 г.). – М., 2013. – С. 210–212.

2. Родин А.В. Тактическая подготовка квалифицированных баскетболистов на основе метода игровых задач / А.В. Родин, Е.А. Павлов // Теория и практика физической культуры: тренер: журнал в журнале. – 2011. – № 4. – С. 69.

3. Макаров Ю.М. Концепция формирования игровой деятельности в спортивных играх / Ю.М. Макаров // Ученые записки университета. – 2013. – № 7. – С. 78–83.

4. Усков В.А. Педагогическая технология программированного обучения двигательным действиям / В.А. Усков // Спортивный психолог. – 2009. – № 2. – С. 68–74.

5. Витман Д.Ю. Информационные технологии в исследовании ситуационных восприятий спортсменов-игровиков / Д.Ю. Витман, В.В. Козин // Международные спортивные игры «Дети Азии» – фактор продвижения идей Олимпизма и подготовки спортивного резерва: материалы международной научной конференции, 7–8 июля 2016 г. / под общ. ред. М.Д. Гуляева. – Якутск: РИО медиа-холдинга, 2016. – С. 217–220.

6. Azuma R. A Survey of Augmented Reality Presence / R.A. Azuma // Teleoperators and Virtual Environments. – 1997. – P. 355–385.

7. Гавердовский Ю.К. Обучение спортивным упражнениям. Биомеханика. Методология. Дидактика / Ю.К. Гавердовский. – М.: Физкультура и Спорт, 2007. – 912 с.

8. Зыков А.В. Управление тактико-технической подготовкой хоккеистов 11–12 лет с учетом принципов интеграции и ситуационного подхода / А.В. Зыков // Наука и спорт: современные тенденции. – 2015. – Т. 7, № 2. – С. 20–24.

9. Козин В.В. Принципы ситуационного движения в теории и методике игровых видов спорта и единоборств / В.В. Козин // Физкультурное образование Сибири: научно-методический журнал. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2015. – № 1(33). – С. 97–100.

УДК 378.147.88

ИЗ ОПЫТА ПРИВЛЕЧЕНИЯ ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ IT-КОМПАНИЙ К ОРГАНИЗАЦИИ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗА

Кудрина Е.В., Огнева М.В.

Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского, Саратов, e-mail: kudrinaev@mail.ru, ognevamv@gmail.com

Одна из важных задач, которая стоит сегодня перед вузами, ведущими подготовку IT-специалистов, – это формирование готовности выпускников к участию в научно-исследовательской деятельности в IT-сфере. Особую роль в решении данной задачи играет сотрудничество вузов с IT-компаниями. Саратовский национальный исследовательский государственный университет имени Н.Г. Чернышевского имеет многолетний, разносторонний и плодотворный опыт сотрудничества с IT-компаниями как регионального, так и международного уровня в подготовке студентов IT-направлений и специальностей. В данной статье будет рассмотрена возможность привлечения представителей IT-компаний к организации научно-исследовательской деятельности студентов факультета компьютерных наук и информационных технологий в рамках совместного руководства курсовыми и выпускными квалификационными работами. Совместное руководство курсовыми и выпускными квалификационными работами подразумевает, что научным руководителем студенческой работы назначается преподаватель вуза, а консультантом – сотрудник IT-компании. Показано, что такое совместное руководство оказывается весьма успешным, так как преподаватели вуза имеют огромный багаж теоретических знаний в области математики, информатики и программирования, теории и методики преподавания компьютерных наук, а представители IT-компаний обладают большим практическим опытом в разработке и реализации IT-проектов.

Ключевые слова: высшее образование, подготовка IT-специалистов, научно-исследовательская деятельность студентов

OF EXPERIENCE ATTRACTING IT COMPANIES TO THE ORGANIZATION OF RESEARCH ACTIVITY OF STUDENTS

Kudrina E.V., Ogneva M.V.

Saratov National Research State University named after Chernyshevsky, Saratov, e-mail: kudrinaev@mail.ru, ognevamv@gmail.com

One of the important tasks facing universities that train IT-specialists today is the formation of readiness of graduates to participate in research activities in the IT – sphere. Cooperation between universities and IT companies plays a special role in solving this problem. National Research Saratov State University named after Chernyshevsky has a long, diverse and fruitful experience of cooperation with IT-companies of both regional and international level in training the students of IT-specialties. In this article we will consider the possibility of involving representatives of IT-companies for the organization of research activity of students of the faculty of computer science and information technology under the joint guidance of course and final qualifying works. Joint management of course and final qualifying works implies that the supervisor of the student work is appointed a teacher of the University, and the consultant is an employee of the IT-company. It is shown that this joint management is very successful, as the University teachers have a huge baggage of theoretical knowledge in the field of mathematics, computer science and programming, theory and methods of teaching computer science, and representatives of IT-companies have extensive practical experience in the development and implementation of IT-projects.

Keywords: higher education, training of IT-specialists, research activity of students

В ноябре 2013 г. распоряжением Правительства РФ утверждена «Стратегия развития отрасли информационных технологий в Российской Федерации на 2014–2020 гг. и на перспективу до 2025 года». В стратегии отмечается, что информационные технологии (IT) с каждым годом оказывают все большее влияние, как на экономику, так и на повседневную жизнь людей. Качественное развитие большинства отраслей экономики и государственного управления связано с внедрением IT. Вместе с тем развитие самой IT-сферы тормозится дефицитом кадров – стране нужны программисты, инженеры, системные администраторы, разработчики баз данных, учителя информатики, а также специалисты, способные управлять процессом разработки и реализации IT-проектов, руководить научными исследованиями в IT-сфере, реализовывать себя в педагогической деятельности в системе высшего IT-образования [1]. Таким образом, перед педагогическим сообществом поставлена новая задача – формирование готовности выпускников вузов к участию в проектной и научно-исследовательской деятельности в IT-сфере.

Анализируя работы [2; 3], можно сделать вывод о том, что проблема привлечения студентов вузов к научно-исследовательской деятельности (НИД) не является новой.

Разработаны и внедрены в учебный процесс вузов различные элементы НИД студентов, способствующие развитию их творческой активности: использование задач частично-поискового, проектного и исследовательского типа на аудиторных занятиях (семинарах, практических и лабораторных); вовлечение студентов в различные формы внеаудиторной НИД (написание рефератов; подготовка докладов или сообщений; написание научных статей; участие в олимпиадах, конкурсах, проектах, хакатонах, конференциях; подготовка и защита курсовых и выпускных квалификационных работ); использование коллективных форм НИД студентов (привлечение студентов к участию в работе студенческих научно-практических семинаров, научных сообществ студентов и аспирантов, в творческих/ проектно-конструкторских/ научно-исследовательских коллективах) [4-6].

В данной статье мы рассмотрим опыт привлечения представителей компании «Эпам Систэмз» к организации НИД студентов направления 02.03.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» факультета компьютерных наук и информационных технологий (КНиИТ) Саратовского национального исследовательского государственного университета имени Н.Г. Чернышевского (СГУ). Следует отметить, что сотрудничество факультета КНиИТ с данной компанией носит многолетний, разносторонний и плодотворный характер [7].

Более подробно мы остановимся на результатах совместного руководства курсовыми и выпускными квалификационными работами студентов, когда научным руководителем студенческой работы назначается преподаватель вуза, а консультантом – сотрудник IT-компании. Такое совместное руководство оказывается весьма успешным: преподаватели вуза имеют огромный багаж теоретических знаний в области математики, информатики и программирования, теории и методики преподавания компьютерных наук, а представители IT-компаний обладают большим практическим опытом в разработке и реализации IT-проектов. В результате студенческие проекты, выполненные в рамках курсовых и выпускных квалификационных работ, с одной стороны, имеют сложную с точки зрения промышленной разработки программного обеспечения (ПО) теоретическую и методическую базу, с другой стороны, являются готовыми приложениями, отвечающими современным требованиям к качественному ПО.

Первым таким проектом стало создание обучающей компьютерной игры «Логические головоломки» для портала обучения информатике и программированию (http://school.sgu.ru) [8]. Данный портал выступает технической площадкой для реализации очно-дистанционных мероприятий Центра непрерывной подготовки IT-специалистов (ЦНИТ).

ЦНИТ работает со школьниками всех возрастов, со студентами и учителями информатики. Для младших и даже для средних школьников очень важно, чтобы занятия вызывали у них интерес. Такие соображения, как «нужно заниматься, чтобы поступить в тот вуз, который я хочу», для них пока не работают. И, конечно, им гораздо интереснее решать задачи, представленные в виде игры. К 2014 г. в ЦНИТ уже были разработаны и активно использовались такие учебные курсы, как «Занимательная информатика для младших школьников», «Теория графов в занимательных историях», «Комбинаторика в занимательных историях», игры-квесты про приключения принца Джавы и про остров сокровищ. На повестке дня стояла задача реализации данных курсов в интерактивной форме. Так родилась идея разработки обучающей компьютерной игры «Логические головоломки», и встраивания её в функционал портала обучения информатике и программирования.

С программной точки зрения игра представляет собой веб-приложение с трехуровневой архитектурой «клиент-сервер». Данная архитектура предполагает наличие следующих компонентов: клиентское приложение, подключенное к серверу приложений, который, в свою очередь, подключен к серверу базы данных. Для разработки клиентской части игры использовались следующие IT-технологии: HTML, CSS, JavaScript. Для разработки серверной части – PHP, MySQL. Для обмена данными между клиентской и серверной частями в приложении используются AJAX-запросы.

Находятся в разработке и другие проекты по созданию обучающих компьютерных игр для школьников, в которых используются материалы кружков и мероприятий, разработанных заведующей кафедрой информатики и программирования факультета КНиИТ М.В. Огневой.

Еще один проект, который на данный момент внедряется в учебный процесс факультета КНиИТ – это веб-приложение для обучения и контроля знаний по теме «Алгоритмы на графах». Кроме теоретической части и подробного разбора алгоритмов в приложение встроен визуализатор, который дает возможность пошагового наглядного представления работы алгоритмов, а также тестовая система. Функционал приложения

позволяет добавлять теоретические материалы, тесты, отслеживать успеваемость обучающихся. Данное приложение разрабатывалось с использованием технологии ASP.NET Core. При создании приложения применялся подход к разработке ПО через тестирование: приложение тестировалось модульными тестами с использованием фреймворка Moq, который позволяет эмулировать поведение объектов; интеграционные тесты использовались для проверки корректности работы всей системы. Данное веб-приложение может быть использовано при подготовке школьников и студентов к олимпиадам по информатике и программированию, а также при проведении таких дисциплин, как «Информатика и программирование», «Структуры данных и алгоритмы», «Теория графов».

Следует отметить, что во время прохождения производственных практик в IT-компаниях студенты создают веб-приложения, которые могут использоваться для решения серьезных прикладных задач, связанных с теорией графов. Однако «внутри» таких приложений заложены только самые простые алгоритмы на графах, например обход в глубину или в ширину. А в ходе изучения дисциплины «Теория графов» студенты изучают различные, в том числе и достаточно сложные алгоритмы для решения практико-ориентированных задач, учатся проводить анализ их времени выполнения, выполнять сравнительную характеристику алгоритмов, но реализуют данные алгоритмы в виде консольных приложений, входными данными для которых являются небольшие учебные примеры графов. Чтобы объединить разработку веб-приложений с использованием «сложных» алгоритмов, появилась целая серия курсовых работ, руководителем каждой из которых являлся сотрудник кафедры информатики и программирования, а консультантом – сотрудник компании «Эпам Системз». В качестве примера приведем постановку задачи одной из таких работ:

«Имеется сеть городов, связанных различными маршрутами транспортировки грузов (доставки). Каждый маршрут однонаправлен, между каждой парой городов может быть множество вариантов доставки. По каждому маршруту можно получить информацию о пропускной способности и о стоимости доставки через него. Вся информация о числе городов, о маршрутах между ними, об их пропускной способности и стоимости должна быть получена через REST-сервис. Необходимо: построить максимальный поток минимальной стоимости между двумя любыми городами. Задачу выполнить несколькими способами, реализовав различные алгоритмы и выполнив их сравнительный анализ. В качестве средства визуализации задачи создать веб-приложение».

В ходе выполнения подобных работ результаты НИД (подбор, изучение, реализация и сравнительный анализ алгоритмов) используются для создания эффективно работающего веб-приложения.

Кроме проектов, связанных с «классической» теорией графов, в качестве курсовых и выпускных квалификационных работ выполняются проекты, связанные с такими важными для решения прикладных задач и теоретически сложными темами, как «Нейронные сети», «Распознавание изображений», «Сжатие/восстановление изображений», «Кластеризация данных социальных сетей».

Важно отметить, что при выполнении курсовых и выпускных квалификационных работ используется не только индивидуальная, но и командная работа над проектом. Так при разработке обучающей компьютерной игры «Логические головоломки» были задействованы две студентки 4 курса – С.Е. Дроздова и К.И. Макарова При этом первая отвечала за разработку клиентской части приложения, вторая – за разработку серверной части приложения и встраивания игры в функционал портала обучения информатики и программирования.

В следующем проекте – разработка веб-приложения «Система учета товаров на складе строительного магазина» – были задействованы студент 4 курса В.В. Артемов и студентка 3 курса М.А. Лукашова [9]. Реализация данного проекта велась по всем правилам промышленной разработки ПО с распределением ролей и зон ответственности: заказчик проекта – директора магазина «Мир дерева» в г. Саратове; руководитель проекта – Е.В. Кудрина, доцент кафедры информатики и программирования; технический консультант – И.А. Борзов, ведущий инженер по качеству компании «Эпам Систэмз», доцент базовой кафедры математического обеспечения вычислительных комплексов и информационных систем; менеджер проекта и разработчик – В.В. Артемов, тестировщик – М.А. Лукашова. Рассмотрим этапы работы над проектом.

На первом этапе был произведен разговор с заказчиком, на основе которого был создан документ, описывающий функциональные и нефункциональные требования к приложению. Основными функциональными требованиями являются: просмотр товаров на складе, просмотр предыдущих торговых дней, создание нового рабочего

дня, редактирование рабочего дня, оформление списка прихода и расхода товаров на складе, просмотр журналов прихода и расхода. К основным нефункциональным требованиям относятся: удобство, безопасность и надёжность использования приложения.

Далее был разработан тест-план. Он описывает и регламентирует перечень работ по тестированию, а также соответствующие техники, подходы, стратегию, области ответственности, ресурсы, расписание и ключевые даты.

После обсуждения требований к проекту разработчик приступил к непосредственной реализации клиент-серверного приложения с трёхслойной архитектурой. Для разработки был выбран язык программирования Java и среда разработки IntelliJ IDEA. В качестве базы данных использовалась PostgreSQL, для автоматизации сборки проектов – фреймворк Maven. В качестве веб-сервера для запуска веб-приложения был выбран контейнер сервлетов Tomcat. Также был использован фреймворк Spring, в частности такие его модули, как Spring DAO, Spring Web, Spring MVC, Spring Data JPA, Spring Security. Для разработки клиентской части приложения были использованы такие технологии, как HTML5, CSS3, jQuery и фреймворк Bootstrap. Пользовательский интерфейс создавался на основе технология JSP. Для динамической обработки данных, полученных от контроллера, использовалась технология JSTL.

В ходе разработки приложение неоднократно тестировалось. Вся информация о результатах тестирования была полностью доступна разработчику и использовалась для устранения ошибок и доработки проекта. В итоге веб-приложение получилось шаблонным, и его можно применять не только для учета товаров строительного магазина, но и для учета других видов товаров в других магазинах.

Существуют проекты, которые выполняются на протяжении нескольких лет: в ходе обучения студента в магистратуре, а затем и при обучении в аспирантуре [10; 11]. В рамках одного из таких проектов проводится исследование и оптимизация алгоритмов кластеризации больших разреженных графов для анализа данных, представленных в социальных сетях [12].

В данной статье мы рассказали лишь о немногих проектах, выполненных при совместном руководстве курсовыми и выпускными квалификационными работами студентов по направлению 02.03.03 «Математическое обеспечение и администрирование информационных систем» преподавателями кафедры информатики и программирования факультета КНиИТ СГУ и представителями компании «Эпам Системз». Аналогичная практика существует и на других кафедрах факультета. Так, на кафедре математической кибернетики и компьютерных наук, отвечающих за подготовку студентов по направлениям 02.03.02 «Фундаментальная информатика и информационные технологии», 09.03.04 «Программная инженерия», в роли консультантов с производства привлекаются ведущие специалисты компаний «Мирантис-ИТ» и «ГридДинамикс» [13], на кафедре теоретические основы компьютерной безопасности и криптографии, отвечающую за подготовку студентов по специальности 10.05.01 «Компьютерная безопасность», – ведущие специалисты «Национального центра по борьбе с преступлениями в сфере высоких технологий» [14].

В заключение следует отметить, что привлечение представителей IT-компаний к организации НИД студентов на факультете КНиИТ позволило решить ряд задач: объединить усилия педагогов факультета КНиИТ СГУ и представителей ведущих IT-компаний региона в подготовке высококвалифицированных IT-специалистов, готовых к участию в НИД в IT-сфере, и, как следствие, повысить уровень курсовых и выпускных квалификационных работ на факультете; сформировать у выпускников факультета КНиИТ навыки командной работы над IT-проектами, так необходимые в их будущей профессиональной деятельности, и, как следствие, повысить конкурентоспособность выпускников факультета КНиИТ на рынке труда.

Примечательным является то, что все студенты, о проектах которых шла речь в данной статье, в настоящее время являются сотрудниками различных IT-компаний региона, занимающихся промышленной разработкой ПО на стыке современных достижений науки, техники и технологий.

Список литературы

1. Федорова А.Г. О перспективах и проблемах подготовки IT-специалистов для региона, о сотрудничестве вузов с работодателями // Компьютерные науки и информационные технологии: Материалы Междунар. науч. конф. – Саратов: Издат. центр «Наука», 2016. – С. 437–439.

2. Маметьева О.С., Супрун Н.Г., Халикова Д.А. Научно-исследовательская работа студентов вуза: результативность и проблемы организации// Современные проблемы науки и образования. – 2018. – № 1.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=27362 (дата обращения: 13.02.2018).

3. Федорова А.Г., Лапшева Е.Е. Подготовка IT-специалистов на базе регионального центра образования и разработок в сфере информационных технологий // Компьютерные науки и информационные технологии: материа-

лы Междунар. науч. конф. – Саратов: Издат.центр «Наука», 2012. – С. 327–329.

4. Мишурина О.А., Чупрова Л.В., Муллина Э.Р. Научно-исследовательская работа студентов как средство формирования профессиональных компетенций // Международный журнал экспериментального образования. – 2016. – № 4–3. – С. 412–415.

5. Синиченко З.И. Роль научной исследовательской деятельности в профессиональной подготовке специалистов // Вестник Таганрогского института управления и экономики. – 2013. – № 1. – С. 90–94.

6. Чупрова Л.В. Организация научно-исследовательской работы студентов в условиях реформирования системы высшего профессионального образования// Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2014. – № 5–2. – С. 167–170.

7. Казачкова А.А., Кудрина Е.В., Огнева М.В., Федорова А.Г. Из опыта сотрудничества Саратовского государственного университета с бизнес-структурами при подготовке IT-специалистов // Преподавание информационных технологий в Российской федерации: материалы Двенадцатой открытой Всероссийской конференции. – Казань: КФУ, 2014. – С. 167–170.

8. Дроздова С.Е., Кудрина Е.В., Макарова К.И., Огнева М.В. Компьютерная игра «Логические головоломки» для LMS Moodle // Информационные технологии в образовании: Материалы VII Всерос. научно-практ. конференции. – Саратов: Издат. центр «Наука», 2015. – С. 462–467.

9. Артемов В.В., Борзов И.А., Кудрина Е.В., Лукашова М.А. Командная работа над дипломными и курсовыми проектами в IT-сфере // Информационная образовательная среда образовательной организации как ресурс совершенствования технологий реализации ФГОС: материалы Межрегиональной научно-практической конференции. – Липецк: ГАУДПО ЛО «ИРО», 2017. – С. 117–119.

10. Портенко М.С., Мельничук Д.В., Андрейченко Д.К. Условия аналитичности характеристического и возмущающихся квазимногочленов комбинированных динамических систем // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2016. – Т. 16. – Вып. 2. – С. 208–217.

11. Андрейченко Д.К., Мельничук Д.В., Ерофтиев А.А. Динамическая балансировка вычислительной нагрузки для задач с большим ресурсом параллелизма // Компьютерные науки и информационные технологии: материалы Междунар. науч. конф. – Саратов: Издат.центр «Наука», 2016. – С. 35–38.

12. Ионкин М.С., Огнева М.В Программная реализация, анализ эффективности и оценка качества алгоритмов кластеризации графовых моделей социальных сетей // Изв. Сарат. ун-та. Нов. сер. Сер. Математика. Механика. Информатика. – 2017. – Т.17. – Вып. 4. –С. 441–451.

13. Слепухин В.Д., Самойлов В.Г. Оптимизация архитектуры и инфраструктуры программных продуктов и сервисов при интеграции контейнеров // Компьютерные науки и информационные технологии: материалы Междунар. науч. конф. – Саратов: Издат. центр «Наука», 2016. – С. 381–384.

14. Юрин И.Ю., Пиунов М.И. Новые угрозы компьютерной безопасности, связанные с появлением распределенных вычислений в сети BITCOIN // Компьютерные науки и информационные технологии: Материалы Междунар. науч. конф. – Саратов: Издат. центр «Наука», 2014. – С. 373–376.

УДК 37.07:338.27

ИССЛЕДОВАНИЕ СИСТЕМЫ СТРАТЕГИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ

Куркина Н.Р., Бурляева О.В., Стародубцева Л.В.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный педагогический институт им. М.Е. Евсевьева», Саранск, e-mail: nadezhda.kurkina@rambler.ru

В статье авторами охарактеризованы современные рыночные условия, которые в корне изменили концепцию оценки стратегического управления в образовательных организациях, выбор средств и методов практической реализации задач повышения эффективности управления. Но большинство руководителей в сфере образования еще не в полной мере владеют основами современного менеджмента. Исследования показали, что эффективность стратегического управления выражается деятельностью управляющей системы, которая характеризуется различными показателями как объекта управления, так и управленческой деятельностью организации. Авторами сделан вывод, что задача оптимального управления состоит в том, чтобы найти и реализовать такой вариант управления, при котором образовательная организация становится экономически значимой и конкурентоспособной. В статье дана характеристика системы стратегического управления в МГПИ, показана эффективность управления научно-исследовательской деятельностью и общая результативность вуза в данном направлении. На основе проведенного исследования авторами предложен механизм реализации стратегии управления МГПИ, который позволит повысить качество образования и конкурентоспособность вуза на рынке образовательных услуг. Также рассмотрены примеры из практики и предложены рекомендации по совершенствованию стратегического управления в образовательной организации в экономической, социальной и информационно-управленческой сферах.

Ключевые слова: затраты на управление, менеджмент, образовательная организация, прогнозирование, стратегия, эффективность

STUDY OF STRATEGIC MANAGEMENT SYSTEM IN EDUCATIONAL ORGANIZATION

Kurkina N.R., Burlyaeva O.V., Starodubtseva L.V.

Mordovia M.E. Evseviev State Pedagogical Institute, Saransk, e-mail: nadezhda.kurkina@rambler.ru

In the article, the authors describe the modern market conditions that radically changed the concept of strategic management evaluation in educational organizations, the choice of means and methods for practical implementation of the problems of management effectiveness improvement. But most managers in the field of education do not yet fully master the basics of modern management. Studies have shown that effectiveness of strategic management is the performance of a particular management system, which is reflected in various indicators of both the management object and the management activities of the organization. On this basis, it was concluded that the problem of optimal management is to find and implement a management option in which the educational organization becomes economically significant and competitive. The article describes the system of strategic management in the Mordovia State Pedagogical Institute, shows the effectiveness of research activities management and overall effectiveness of the institute in this direction. Based on the study, the authors proposed a mechanism for implementing the management strategy of the Mordovia State Pedagogical Institute, which will improve the quality of education and the competitiveness of the institute in educational services market. Also, practical examples are considered and recommendations are offered for strategic management improvement in educational organization in economic, social and information-management spheres.

Keywords: expenditures for management, management, educational organization, forecasting, strategy, efficiency

Современный динамично развивающийся мир открывает новые перспективы для роста некоторых сфер экономической деятельности. Одной из таких сфер является сфера образовательных услуг. Как показали исследования, уровень стратегического управления в образовательных организациях не соответствует современным требованиям и принятию решений. Это объясняется тем, что многие руководители, специалисты аппарата управления недостаточно владеют знаниями современного менеджмента, а система экономического образования медленно осуществляет их переподготовку.

Также аппарат экономического управления образовательных организаций не в полной мере оснащен необходимым для квалифицированного управления инструментарием (методами, моделями, необходимой документацией по технологии управления для решения наиболее важных типичных задач) [1].

Результативные показатели образовательных учреждений, высокие темпы их развития и конкурентоспособность в значительной степени определяются качеством стратегического управления [2].

Современная ситуация в сфере образовательных услуг предполагает стратегическое мышление и комплексный подход к образовательной деятельности. Организаторы дела должны обладать познанием не только в собственно-экономической сфере, но

также и в сфере менеджмента, психологии управления персоналом, научно-практических инноваций и права [3].

Внедрение новых образовательных услуг очень сложно осуществить без тщательного анализа. Оценка фактического состояния образовательной организации должна опираться на определенные принципы, которые в первую очередь должны учитывать интересы слушателей, что свидетельствует о направленности на человеческий ресурс. Данный подход реализуется через механизм управления, в соответствии с основными задачами и целями, стоящие перед организацией, устанавливается внутренняя взаимозависимость системы, регулируется выполнение с помощью различных инструментов, охватывающих деятельность всех уровней организации – от методиста до ректора [4].

Механизм стратегического управления включает элементы:

– организационную структуру управления;

– хозяйственно-экономические и нравственные законы;

– научно-исследовательскую и практическую информацию;

– принципы и правила управления, направленные на выполнение задач, имеющихся перед управляемым объектом.

Классики науки управления Ф. Тейлор, А. Файоль еще до Второй мировой войны рассматривали предвидение деятельности фирмы как прообраз стратегического планирования. Лишь в начале 1970-х гг. стали изменяться принципы и методы стратегического управления.

В результате система стратегического управления направлена на:

1. Распределение ресурсов организации под стратегические цели.

2. Формирование центров для систематизированности целей.

3. Анализ и мотивированность подразделений.

Стратегическое управление в системе оказания образовательных услуг интегрируется с маркетингом. Фактически треть образовательных организация уже имеет отделы по оказанию образовательных услуг [5].

Эффективная организационная структура управления образовательной организацией, в частности и МГПИ, обладает пригодностью, надежностью, оперативностью, экономичностью.

Как показывает практика реализации системы управления, руководство МГПИ осуществляет выборный представительный орган – Ученый совет. Срок полномочий Ученого совета – 5 лет, председатель Совета – ректор, число членов Ученого совета – 29 человек.

Органами управления института являются конференция персонала и студентов института, ученый совет, ректор института, попечительский совет. В институте функционируют ученые советы, советы факультетов (подразделений) института. Основные функции управления выполняет ректор института.

Система стратегического управления характеризует эффективность функционирования каждого элемента системы управления. Об эффективности управления научно-исследовательской деятельностью МГПИ можно судить по общей результативности научно-исследовательской работы вуза [6].

С 2014 по 2016 г. увеличились источники финансирования НИР на 8,7%, реализуемые в ходе образовательного процесса. Количество научных публикаций составило в 2016 г. 1856 публикаций и увеличилось по сравнению с 2014 г. на 64 ед. или на 3,6%, что подтверждает правильность системы управления.

В стратегии управления образовательной организации большое значение имеет организация аппарата управления, который характеризуется численностью участвующих в этом процессе сотрудников института [7].

В МГПИ в 2016 г. наблюдается сокращение среднегодовой численности работников на 12 чел. или на 1,9% по сравнению с 2014 г. или на 2,8%. Это связано с сокращением отдельных должностей.

Численность аппарата управления институтом сократилась в 2016 г. за анализируемый период на 3 чел. или на 5,4%. Как следствие, доля руководителей в структуре численности сотрудников снизилась в 2016 г. по сравнению с 2014 г. на 0,3%.

Эффективность системы управления с учетом стратегических целей и задач образовательной организации, в конечном счете, должна привести к повышению в целом. Поэтому показатели, характеризующие эффективность деятельности, необходимо считать и показателями эффективности управления.

Затраты на управление организацией в 2016 г. больше, чем в 2014 г., на 7,5%. Это сказалось положительным образом на экономических результатах деятельности института. Стоимость оказанных образовательных услуг увеличилась на 2,2%.

Количество непосредственно подчиненных сотрудников за анализируемый период практически не увеличилось, а заведующих кафедрами даже снизилась на 2 чел. или на 16,7%. Это связано с увеличением нагрузки на каждого преподавателя кафедры.

Показатели эффективности системы управления МГПИ

Показатели	2015 г.	2016 г.	2016 г. к 2015 г., (+, –)
I. Экономичность аппарата управления			
1. Удельный вес работников аппарата управления в общей численности работников организации, %	8,4	8,9	+0,5
2. Удельный вес оплаты труда работников управления в общем фонде оплаты труда организации, %	19,5	20,5	+1,0
3. Удельный вес затрат на управление в общей сумме затрат, %	6,5	6,8	+0,3
4. Удельный вес затрат труда управленческого персонала в общем годовом объеме затрат, %	8,4	8,8	+0,4
II. Результативность труда работников управления			
1. Оказано образовательных услуг на: а) 1 работника управления, тыс. руб.	9738,6	9600,7	–137,9
б) 1 руб. затрат в аппарате управления, руб.	15,4	14,6	–0,8
в) 1 чел.-дн., затраченный в аппарате управления, руб.	3300	3454	+154

Дальнейшим этапом оценки эффективности управления МГПИ является расчет показателей эффективности системы управления (таблица).

Данные расчетов, представленные в таблице, показывают, что в 2016 и 2015 г. в МГПИ снизилась экономичность аппарата управления. Так, удельный вес оплаты труда работников аппарата управления, в общем фонде оплаты труда увеличился на 1 %, а удельный вес затрат на управление в общей сумме затрат – на 0,3 %. Кроме того, в 2016 г. повысилась доля работников аппарата управления в общей численности работников по сравнению с 2015 г. на 0,5 %.

Общая результативность труда работников управления по величине оказанных образовательных услуг снизилась в 2016 г. по сравнению с 2015 г. на 137,9 тыс. руб., а затраты в чел.-дн. увеличились на 154 руб. на 1 чел.-дн.

Это свидетельствует о необходимости в МГПИ увеличении объема образовательных услуг, снижении себестоимости обучения, привлечении студентов различными дополнительными образовательными программами и качеством образования.

При рассмотрении вопроса об эффективности удельного веса следует иметь в виду, что труд работников аппарата управления должен оцениваться как труд основных работников МГПИ, и если видеть выражение производительности труда аппарата управления в оказываемых образовательных услугах, а не в объеме выполненных управленческих функций, то нельзя рассматривать его автономно, без учета затрат всего коллектива. Исходя из этого следует формировать стратегию управления МГПИ на перспективу с учетом требований ФГОС ВО и конъюнктуры образовательного рынка.

Поставленные стратегические цели МГПИ обеспечиваются путем реализации развития в хозяйственной, социальной и информационно-научной сферах [8].

Стратегическая цель развития в хозяйственной сфере – выход МГПИ к 2030 г. на траекторию устойчивого сбалансированного роста образовательных услуг на основе формирования наукоемкой системы высшего образования.

Стратегическая цель развития в социальной сфере – повышение качества жизни профессорско-преподавательского состава и обучающихся за счет увеличения реальных доходов ППС в 2–3 раза;

– увеличение численности обучающихся до 7000 чел.;

– приоритетное развитие студенческой науки, воспитания и культуры.

Стратегия развития МГПИ в информационно-управленческой сфере – реализация информационных ресурсов и потенциала, увеличение эффективности управления за счет:

– роста научных исследований в 2 раза;

– увеличение доли исследований с использованием инноваций в 1–1,5 раза, особенно в сфере экономики образования

– внедрение систем информационно-интеллектуальной поддержки управленческих решений.

Миссия аппарата управления МГПИ должна заключаться в создании необходимых административных, экономических, правовых и информационных условий для обеспечения устойчивого роста количества обучающихся и качества образовательных услуг на перспективу до 2030 г. [9].

Таким образом, главными целями стратегии управления МГПИ являются:

1) повышение качества образовательных услуг;

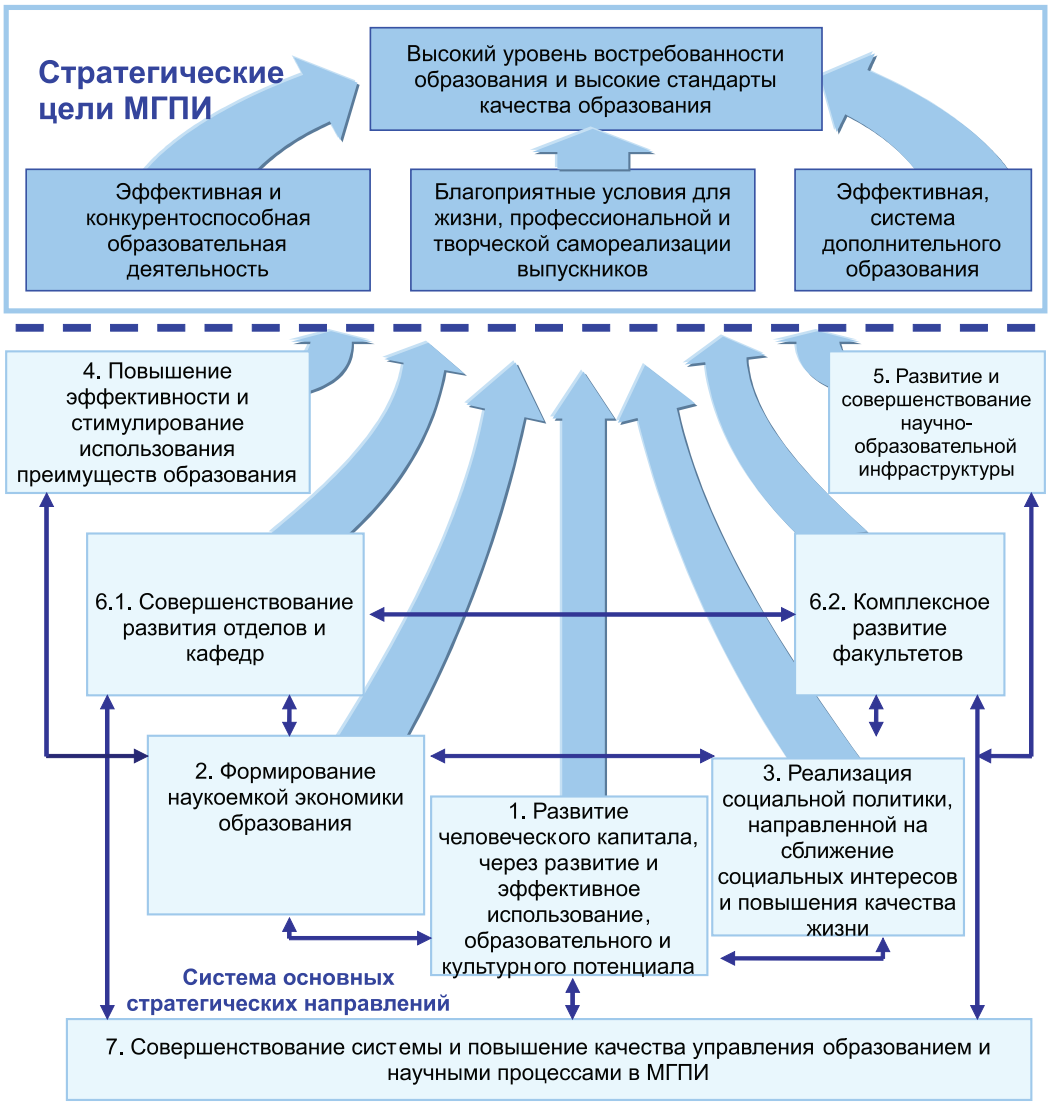


Рис. 1. Цели и направления стратегического управления МГПИ

2) повышение конкурентоспособности вуза на рынке образования.

Эти цели могут быть достигнуты только совместно с переходом к устойчивому развитию всей системы образования (рис. 1).

Первое направление образовательной деятельности – формирование компетентного выпускника [10].

Второе и третье стратегические направления характеризуют интеграцию образования и социальной сферы, в единстве обеспечивающие полную реализацию направления первого и стратегических целей развития вуза.

Четвертое и пятое затрагивают научно-образовательные сферы, дополняющие стимулирование образования.

Стратегические направления 6.1 и 6.2 характеризуют направления развития и совершенствования внутренней среды МГПИ.

Седьмое (общая стратегия образования) направлено на реализацию всех остальных стратегических направлений образовательной деятельности.

Все стратегические направления должны быть взаимосвязаны друг с другом. Реализация каждого из них возможна только при достаточно полной реализации всех остальных.

Механизм реализации мероприятий по повышению эффективности образования представляет собой комплексную многоуровневую систему программных действий.

Первый уровень включает разработку:

– перспективных планов кафедр;

– перспективных планов факультетов;

– комплексных программ развития отделов и инфраструктурных подразделений через каждые 5–10 лет;

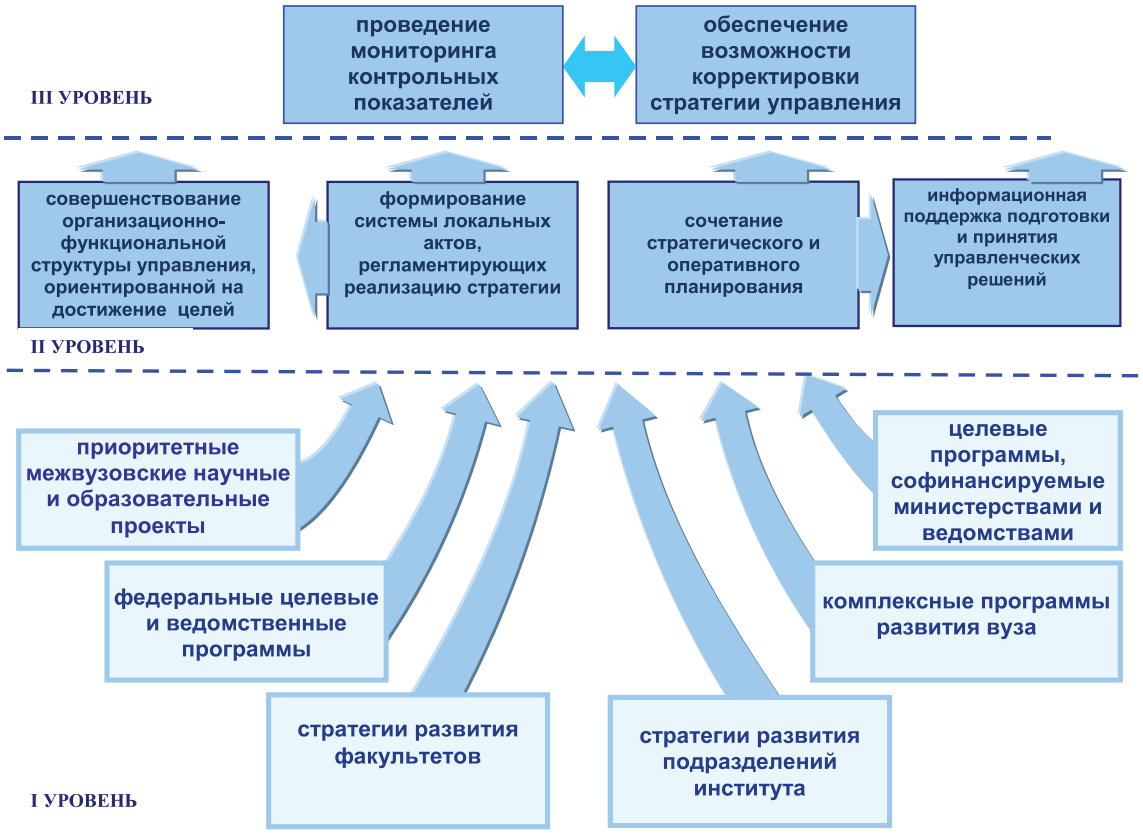


Рис. 2. Схема механизма реализации стратегии управления МГПИ

– приоритетных межвузовских научных и образовательных проектов (интеграция образования).

Второй уровень включает:

– формирование системы нормативны актов, регламентирующих реализацию стратегии управления образовательной организацией

– совершенствование организационно-функциональной структуры управления, ориентированной на достижение целей;

– сочетание стратегического и оперативного планирования;

– информационную и методическую поддержку подготовки и принятия управленческих решений.

Третий уровень включает:

– создание системы мониторинга контрольных показателей и научного сопровождения реализации стратегии;

– периодический пересмотр и корректировку образовательной деятельности МГПИ при изменении ФГОС ВО и других основанных на ней планов и программ.

Эффективность мероприятий по повышению качества стратегического управления вузом может быть значительно повышена с учетом выделенных основных стратегических направлений развития образования в Российской Федерации в целом (рис. 2).

Для максимально эффективной реализации стратегии управления и обеспечения благоприятных внешних условий для развития МГПИ необходимо совершенствование законодательства в сфере образования как федерального, так и республиканского уровня, а также в реализации новых форм совместного взаимодействия [11].

Все это позволит обеспечить реализацию различных вариантов стратегии развития в зависимости от изменений в экономике России и Республики Мордовия.

Таким образом, при решении задач стратегического управления МГПИ достигается основное правило функционирования в условиях рынка образовательных услуг – повышение качества образования и стабильная образовательная деятельность на перспективу.

Список литературы

1. Федеральный центр образовательного законодательства [Электронный ресурс]. – URL: http://www.lexed.ru/praktika/realizatsiya-273-fz/detail.php?ELEMENT_ID=2600 (дата обращения: 22.03.2018).

2. Донина И.А. Педагогическая стратегия становления конкурентоспособного персонала общеобразовательной организации / И.А. Донина // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 6. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=15541 (дата обращения: 22.03.2018).

3. Мингалева Ж.А. Оценка конкурентоспособности предприятия с использованием моделей бизнес-стратегии / Ж.А. Мингалева, Л.Н. Депутатова, Л.В. Вешкина // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7813 (дата обращения: 22.03.2018).

4. Яковлев Б.П. Управление инновационными процессами в системе образования: компетентность и потенциал руководителя / Б.П. Яковлев, В.Ф. Жукова // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=5631 (дата обращения: 22.03.2018).

5. Самсонова М.В. Маркетинговые приемы, способствующие развитию российского рынка образовательных услуг / М.В. Самсонова, Е.В. Самсонова // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=10105 (дата обращения: 22.03.2018).

6. Кадакин В.В. Мордовский государственный педагогический институт имени М.Е. Евсевьева – кузница педагогических кадров региона / В.В. Кадакин // Гуманитарные науки и образование. – 2016. – № 4. – С. 14–19.

7. Беляева Г.Д. Подготовка кадров для инновационной экономики в условиях модернизации системы высшего профессионального образования / Г.Д. Беляева, А.Б. Макарец, Г.А. Федоренко // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7572 (дата обращения: 22.03.2018).

8. Пржедецкая Н.В. Основные подходы к управлению инновационными процессами в России / Н.В. Пржедецкая, Е.П. Кулькова, В.В. Шевелева // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 8–1. – С. 212–216.

9. Миронова М.П. Независимый мониторинг образовательных результатов и качества образования в практике работы педагогического вуза / М.П. Миронова, О.В. Бурляева // Высшее образование в России. – 2016. – № 10. – С. 101–106.

10. Зейналов Г.Г. Динамика инновационных процессов в Мордовском государственном педагогическом институте им. М.Е. Евсевьева / Г.Г. Зейналов, Л.В. Стародубцева // Гуманитарные науки и образование. – 2016. – № 1. – С. 35–38.

11. Куркина Н.Р. Роль вуза в развитии инновационной деятельности региона / Н.Р. Куркина, Т.В. Корнилова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2. URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12714 (дата обращения: 22.03.2018).

УДК 377.5:37.036

ФОРМИРОВАНИЕ ПЛАСТИЧЕСКИХ ПРЕДСТАВЛЕНИЙ ХУДОЖЕСТВЕННОГО ОБРАЗА НА ЗАНЯТИЯХ ПО ПРИКЛАДНОЙ КОМПОЗИЦИИ ПОСРЕДСТВОМ БУМАГОПЛАСТИКИ В ШКОЛЕ ИСКУССТВ

Полынская И.Н.

ФГБОУ ВПО «Нижневартовский государственный университет», Нижневартовск, e-mail: julka-nv@mail.ru

В статье рассматривается процесс формирования пластических представлений художественного образа на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики в школе искусств. Основной педагогической идеей данного опыта является создание необходимых условий для развития творческих способностей каждого ученика на основе обучения бумагопластике во внеурочной деятельности. В статье раскрывается принцип бумагопластики. Для достижения поставленной цели был разработан план, серия тематических уроков, позволяющих провести педагогическую работу и мониторинг по теме исследования. Задания и темы уроков составлены с учетом возрастных особенностей учащихся, преемственности, систематичности в обучении и могут быть применены на занятиях по прикладной композиции по декоративно-прикладному искусству, моделированию, конструированию и дизайну. Для проведения диагностики разработана критериальная система оценки, в которой каждый показатель наполнен минимумом и отражает действительную сущность и уровень сформированности пластических представлений художественного образа у обучающихся. Подробно описана методика, приемы и способы работы в технике бумагопластика. Также в статье представлена диагностика, в таблице которой виден значительный рост показателей по позициям и блокам. Это убедительно показывает целесообразность и эффективность разработанной методики, направленной на выявление формирования пластических представлений у учащихся.

Ключевые слова: бумагопластика, художественный образ, творческая деятельность, обучение, прикладная композиция, конструирование, критерии, школа искусств

THE FORMATION OF THE PLASTIC REPRESENTATIONS OF THE ARTISTIC IMAGE IN THE CLASSROOM APPLICATION OF THE COMPOSITION THROUGH BUMAGODELATEL IN THE SCHOOL OF ARTS

Polynskaya I.N.

Nizhnevartovsk State University, Nizhnevartovsk, e-mail: julka-nv@mail.ru

The article considers the process of formation of the plastic representations of the artistic image in the classroom application of the composition through bumagodelatel in the school of arts. The basic pedagogical idea of this experience is the creation of the necessary conditions for the development of the creative abilities of each student on the basis of training in paper-plastic after-hours activities. The paper discloses the principle of paper-plastic. To achieve this goal, a plan was developed, a series of thematic lessons that allow for pedagogical work and monitoring on the research topic. The assignments and topics of the lessons are designed taking into account the age characteristics of students, continuity, systematic training, and can be applied in the applied arts and crafts, modeling, design and design classes. To carry out the diagnostics, a criteria evaluation system has been developed, in which each indicator is filled with a minimum and reflects the actual essence and level of the formation of plastic representations of the artistic image in the students. A detailed description of the technique, techniques and methods of work in the technique of paper-plastic. Also in the article the diagnostics is presented, in the table of which, the significant growth of indicators by positions and blocks is visible. This convincingly shows the expediency and effectiveness of the developed methodology aimed at revealing the formation of plastic representations in students.

Keywords: paper-plastic, art image, creative activities, training, software composition, design, criteria, school of the arts

Творческая активность личности в любой деятельности становится важной потребностью общества, необходимым условием его эффективности и прогресса. Исходя из этого, в число особо приоритетных качеств личности включаются такие, как оригинальный стиль мышления, готовность к постоянному творческому поиску нестандартных и тривиальных способов решения любой деятельности, в том числе и художественно-творческой. Эти составляющие развития личности очень важны для художественно-творческого становления учащихся. Художественно-творческую деятельность детей необходимо организовать так, чтобы каждый учащийся смог реализовать себя как созидателя и творца: от художественного восприятия действительности до рождения художественного замысла и его воплощения к созданию художественного образа в материале, в данном случае – бумаге. «Создание художественного образа в сознании человека зависит от его способности к абстрагированию, анализу и синтезу предметов и явлений, т.е. от качеств мышления, и прежде всего логического мышления» [1, с. 110].

Бумага широко используется художниками при создании изделий, макетов, композиций. Это один из самых доступных, простых и легко обрабатываемых материалов. Изделия из бумаги знакомы каждому ребенку с самого раннего детства. Академик-секретарь Отделения общего среднего образования РАО, академик РАО и РАХ, доктор педагогических наук, профессор С.П. Ломов в своем отзыве на рукопись книги для учителей изобразительного искусства «Бумагопластика» (автор Б.Г. Гагарин) пишет: «Удивительно простые, на первый взгляд, занятия, не требующие дорогих материалов (бумага, клей и резак) – вот и весь арсенал инструментов, а далее берете в руки лист плотной бумаги и делаете резаком надрез совершенно произвольной кривизны, сгибаете лист, повинуясь надлому, и получаете совершенно неожиданно пластичную и красивую форму, которую невозможно получить при прямолинейном сгибе бумаги». «Несомненным преимуществом бумаги перед другими пластическими материалами является почти полное исключение процесса подобострастного копирования натуры. Работа с бумагой требует существенного переосмысления формы, ее обобщения и стилизации» [2, с. 7].

Привлекая детей к такому виду плодотворного творчества, как бумагопластика, формируются такие психологические процессы, как образное мышление, представление, фантазия, память, восприятие, осязание. Результативность и качество деятельности ребенка также во многом зависит от тех методов, которые использует на занятиях педагог. Методы – проблемные, развивающие, творческие – стимулируют воображение ребёнка, обеспечивая его необходимым арсеналом выразительных средств, знаний, умений и навыков, способствующих развитию его художественно-пластических способностей. Однозначно решаются и педагогические задачи: развитие мелкой моторики кистей рук, внимание, усидчивость, усердие, аккуратность и т.д.

Существует большое разнообразие видов бумажной пластики: оригами, торцевание, квиллинг, работа с гофрированной бумагой, бумажная пластика, работа с мятой бумагой, плетение из бумаги, бумажная мозаика, скульптура из бумаги и т.п. Эти и другие всевозможные виды бумагопластики повсеместно используются на занятиях прикладной композиции в детской школе искусств. «В этой технике можно изготовить интересные, красивые вещи: ажурные поделки для оформления праздников, поздравительные открытки, новогодние украшения, подвесные модули, валентинки и многое другое» [3, с. 4].

В ходе педагогического исследования нами были выявлены наиболее значимые моменты в осуществлении намеченной цели, на которые следует обратить особое внимание в процессе формирования пластических представлений художественного образа на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики.

Исходя из результатов теоретического исследования и педагогического опыта, мы рассматриваем решение возникшей проблемы в следующих аспектах:

– раскрыть основные принципы формирования образных представлений и потребностей учащихся к самостоятельной творческой деятельности на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики в школе искусств;

– с помощью разработанных критериев оценки работ, учащихся диагностировать уровень развития пластических представлений художественного образа в работе;

– разработать методические рекомендации, направленные на совершенствование учебно-воспитательного процесса формирования пластических представлений художественного образа на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики в школе искусств;

– повысить уровень прикладных умений и навыков и проанализировать, как полученные способности отразятся в художественном творчестве учащихся;

– проследить рост художественно-творческих способностей учащихся 12–13-летнего возраста на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики в процессе выполнения творческих заданий по нашей методике развития пластических представлений;

– выработать принцип руководства формирования пластических представлений художественного образа на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики.

Задача педагогического исследования состоит в том, чтобы выявить один из возможных механизмов формирования пластических представлений художественного образа на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики в школе искусств, который состоит в многоступенчатом и поэтапном процессе качественных изменений: в становлении творческой активности обучающегося как субъекта художественной деятельности; в формировании пластических представлений, возрастающим по мере усиления эффективного и качественного изменения характера учебной и художественно-творческой деятельности; в возникновении новых характеристик и ви-

дов побуждений, мотивов, целей, эмоций; в формировании на этой основе у учащихся пластических представлений на занятиях прикладной композиции посредством бумагопластики.

В процессе формирования пластических представлений художественного образа на занятиях прикладной композиции в школе искусств необходимо:

а) концентрировать внимание учащихся на эмоционально-выразительных качествах объектов наблюдения и восприятия, художественных произведений, произведений литературы, кинематографа;

б) расширять и углублять знания учащихся доступными для их понимания сведениями о мире живой природы – флоры и фауны, героях сказок, произведений литературы и персонажей мультфильмов как главных объектов создания художественного образа;

в) развивать у учащихся познавательную активность в пополнении и совершенствовании знаний об окружающей действительности;

г) включить учащихся в активную творческую деятельность, направляемую на овладение умениями и навыками в работе с бумагой в создании художественных изделий.

Решая возникшую проблему и исходя из замысла нашего исследования, мы спроектировали и экспериментально проверили методическую модель занятий по прикладной композиции в школе искусств, направленную на эффективное формирование пластических представлений художественного образа посредством бумагопластики, которая решает следующие задачи:

- внесение нового содержания преподавания прикладной композиции средствами бумагопластики в школе искусств;
- раскрытие научно-методического обоснования формирования пластических представлений у учащихся школ искусств о художественном образе средствами бумагопластики;
- использование разработанной методики управления прикладной деятельностью школьников в работе с бумагой;
- разработка системы последовательных, взаимосвязанных действий преподавателя и учащихся по приобретению ими новых знаний, практических умений и навыков, необходимых компетенций соответствующих императивам педагогической науки по декоративно-прикладному искусству, в частности бумагопластике;
- процесс обучения должен строиться с опорой на содержательные принципы дидактики, которые будут адаптированы под условия контента прикладной композиции, целей, задач, форм, методов, средств, приемов обучения бумагопластики и отражать специфическую образовательную парадигму;
- использование наиболее эффективных и рациональных методов и методических приемов организации обучения, осуществляемых в школе искусств на современном этапе;
- реализацией органического единства и тесной взаимосвязи усвоения теоретических знаний с формированием практических умений и навыков в прикладной художественно-творческой деятельности учащихся школ искусств;
- использованием различных средств обучения (технические средства обучения, дидактические пособия, наглядный материал, произведения из бумаги, образцы и композиции, выполненные в технике бумагопластики), учебно-методических пособий, учебных программ по прикладной композиции в школе искусств, комплекс учебных заданий и упражнений.

Решение перечисленных задач, на наш взгляд, позволит усовершенствовать методику преподавания бумагопластики в школе искусств на занятиях прикладной композиции, наиболее эффективно формировать пластические представления у учащихся школ искусств о художественном образе средствами бумагопластики, развивать художественно-творческие способности.

Для достижения поставленной цели был разработан учебно-тематический план, включающий серию уроков, который дает возможность провести логически выстроенную и последовательную работу, осуществить мониторинг по теме исследования. Задания и темы уроков составлены с учетом возрастных особенностей учащихся, преемственности, систематичности и могут быть реализованы в процессе занятий прикладной композиции, декоративно-прикладному искусству, моделированию и конструированию. Приводим комплекс заданий, составляющих содержание педагогического эксперимента (см. стр. 5, табл. 1). Задания были разбиты на три вида занятий: работа по образцу, работа по модели, конструирование по условиям проектирования.

Данные задания составлены с учетом преемственности последовательности и систематичности в обучении, усложнения поставленных целей и задач перед учащимися. Темы заданий подобраны с учетом возрастных особенностей обучающихся.

Для начала учащиеся осваивают элементарные упражнения, такие как «волна», «хребет», «гармошка», «лодка», «бревенчатка», «бабочка», «колесо». Далее, более

сложные прямолинейные, рельефные формообразования, объемно-пространственные формы, криволинейные, радиальные формообразования. И, наконец, можно приступать к созданию форм и образов изделий. Например, для конструирования по образцу весеннего букета используются приемы радиального формообразования. Для создания ромашки необходимо ножницами вырезать круг радиусом 7 см, а затем циркулем в нем наметить две окружности 5 и 1,5 см с одной стороны и одну в 3 см с другой. По намеченным окружностям сделать небольшие надрезы, далее, примерно 1/10 часть круга вырезать от центра и вынуть. Сгибая по надрезам вырезанную окружность, необходимо скруглить ее в воронку. После этого необходимо расправить и ножницами вырезать лепестки. Сформировать цветок и склеить два крайних лепестка. Лепесткам можно придать с помощью ножниц выгнутую наружу или вогнутую форму. По такому принципу можно выполнять разнообразные цветы: ромашки, незабудки, колокольчики, розы и т.п. На каждом этапе обучения учащимся предлагаются конкретные приемы и способы ведения работы с бумагой.

В процессе педагогического исследования нами была разработана критериальная система оценки, в которой каждый компонент наполнен минимумом необходимых и достаточных показателей, позволяющих определить уровень и степень сформированности пластических представлений художественного образа у учащихся на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики. Подбор критериев отражает те компоненты, которые соответствуют основным целям и задачам уроков прикладной композиции, и объединены в три блока.

Блок № 1. Технические навыки – практическая работа в материале

а) умение пользоваться инструментами;

б) владение приемами и способами бумагопластики;

в) аккуратность исполнения работы.

Таблица 1

Тематический план уроков

Виды занятий	Темы занятий	Кол-во часов
Работа по образцу	Весенний букет	2 часа
Работа по образцу	Терем-теремок	4 часа
Работа по модели	Пароход белый-беленький	2 часа
Работа по модели	Птицы Югры	2 часа
Конструирование по условиям проектирования	Животные Севера	2 часа
Конструирование по условиям проектирования	Петушок – золотой гребешок	4 часа
Конструирование по условиям проектирования	Мир насекомых	2 часа
Конструирование по условиям проектирования	Зайцы дедушки Мазая	4 часа

Таблица 2

Анализ результатов педагогического эксперимента

Позиции оценивания		Уровни		
		Низкий	Средний	Высокий
1	2	3	4	5
Блок № 1. Технические навыки				
а	умение пользоваться инструментами	0 учащихся – 0%	9 учащихся – 75%	3 учащихся – 25%
б	владение приемами и способами бумагопластики	0 учащихся – 0%	4 учащихся – 33%	8 учащихся – 66%
в	аккуратность исполнения	1 учащийся – 8%	7 учащихся – 58%	4 учащихся – 33%
Блок № 2. Художественно-образное воплощение замысла				
а	воображение	1 учащийся – 8%	6 учащихся – 50%	5 учащихся – 41%
б	оригинальность исполнения	0 учащихся – 0%	7 учащихся – 58%	5 учащихся – 41%
Блок № 2. Мотивационный компонент				
а	познавательно-творческая активность	0 учащихся – 0%	3 учащихся – 25%	9 учащихся – 75%
б	волевой компонент	1 учащийся – 6%	3 учащихся – 25%	8 учащихся – 66%

Блок № 2. Художественно-образное воплощение замысла

а) воображение;

б) оригинальность исполнения.

Блок № 3. Мотивационный компонент

а) познавательно-творческая активность;

б) волевой компонент.

Объединенные критерии проецируют проблему нашего исследования, то есть формирование пластических представлений художественного образа на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики в школе искусств.

Таким образом, формирование пластических представлений художественного образа учащихся на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики в школе искусств осуществляется в тесной взаимосвязи по всем видам учебной деятельности – работа по образцу (или предмету), работа по модели, конструирование по условиям проектирования. В эксперименте были задействованы 12 учащихся второго года обучения художественной школы. Проанализировав все работы 11–12 летнего возраста учащихся детской школы искусств по разработанным критериям и сопоставив рост показателей по каждому из заданий, мы составили таблицу сравнительного анализа результатов педагогического эксперимента. Данные таблицы демонстрируют показатели по трем блокам, которые имеют позиции и уровни оценивания работ учащихся школы искусств.

Из представленной табл. 2 «Анализ результатов педагогического эксперимента» можно увидеть плавный рост показателей по всем позициям и проследить уровни развития умений учащихся по трем блокам. Например, в блоке № 1 «технические навыки» мы видим, что высокий уровень умения пользоваться инструментами составил 25%, а это всего 3 ученика из числа всех испытуемых (12 учащихся), средний уровень составил 75% учащихся из общего числа учащихся, низкий уровень – 0%. Все показатели в таблице представлены в процентных соотношениях по уровню развития умений, по трем блокам с указанием позиций (см. стр.7, табл. 2). Это означает, что мы верно определили направление методики, следовательно, можно сделать следующие выводы: методика формирования пластических представлений художественного образа на занятиях прикладной композиции посредством бумагопластики в школе искусств положительно влияет на представления художественного образа учащихся, практические навыки, начиная с владения инструментами, приемами и способами, заканчивая умениями учащихся аккуратно, стилистически правильно завершить свою работу, несомненно, дают свои результаты. Необходимы целенаправленные обучающие действия со стороны педагога – правильно построить процесс обучения во время урока, получить элементарные навыки пластического, объемно-пространственного, конструктивного умения изобразить в пластическом материале – бумаге, предмет действительности. «Умение конструктивно воспроизводить предметы окружающей действительности формирует у детей пространственное мышление, столь необходимое для многих направлений дальнейшей профессиональной деятельности человека» [4, с. 184].

Создана и апробирована методика, позволяющая эффективно формировать пластические представления художественного образа у учащихся на занятиях прикладной композиции посредством бумагопластики, позволяющая создавать самостоятельные творческие работы, наполненные определенным образным содержанием, оригинальностью и неповторимостью. Занятия бумагопластикой позволяют развивать и художественно-творческие способности. «Развитие художественно-творческих способностей зависит от личностных особенностей учащихся, от психолого-педагогических методов и способов воздействия на личность, т.е. стремления учащихся к более полному выявлению своих возможностей» [5, с. 13]. Методические средства, пути, приемы, рекомендации могут быть использованы преподавателями художественных дисциплин в школах искусств на занятиях по прикладной композиции посредством бумагопластики в реальном процессе обучения.

В ходе педагогического эксперимента были установлены наиболее эффективные и продуктивные формы работы с учащимися, а обработка результатов творческой деятельности учащихся 12–13 летнего возраста, выполненных в ходе педагогического эксперимента по предложенной экспериментальной методике, показала эффективность выбранной системы.

Список литературы

1. Полынская И.Н. Развитие образного мышления в процессе учебного рисования // Педагогическое мастерство и педагогические технологии: материалы V Международной научно-практической конференции (Чебоксары, 20 сентября 2015 г.). – Чебоксары: ЦНС «Интерактив плюс», 2015. – С. 110–113.

2. Гагарин Б.Г. Бумагопластика: учебное пособие / Б.Г. Гагарин. – Магнитогорск, 2014. – 212 с.

3. Дадашова З.Р. Волшебная бумага: самоучитель по технике вырезания для школьников: шаг вперед / З.Р. Дадашова. – М.: Изд. «Феникс», 2014. – 95 с.

4. Игнатьев С.Е. Закономерности изобразительной деятельности детей: учебное пособие для вузов / С.Е. Игнатьев. – М.: Академический Проект; Фонд «Мир», 2007. – 208 с.

5. Мальцева Л.В. Развитие художественно-творческих способностей школьников средствами изобразительного искусства: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – Москва, 2009. – 42 с.

УДК 796.8:159.947.35

ФОРМИРОВАНИЕ ПРЕДСОРЕВНОВАТЕЛЬНОЙ ПСИХОЛОГИЧЕСКОЙ ГОТОВНОСТИ КВАЛИФИЦИРОВАННЫХ ГИРЕВИКОВ

Симень В.П.

ФГБОУ ВО «Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева», Чебоксары, e-mail: simen.vladimir@yandex.ru

Целью исследования является выявление влияния уровня сформированности компонентов психологической готовности гиревиков высокого класса в соревновательном периоде на успешность выступления в соревнованиях высокого ранга и научное обоснование разработанной методики формирования этой готовности. В определении влияния уровня предсоревновательной психологической готовности гиревиков высокой спортивной квалификации на результативность соревновательной деятельности приняли участие 11 спортсменов (мастера спорта, мастера спорта международного класса, заслуженные мастера спорта). Установлено, что высококвалифицированные гиревики реально оценивают свои возможности и правильно прогнозируют свои соревновательные результаты. Формирующий педагогический эксперимент с участием двух групп спортсменов в возрасте 17–18 лет по 11 испытуемых в каждой показал высокую эффективность реализации в учебно-тренировочном процессе разработанной технологии формирования предсоревновательной психологической готовности гиревиков высокой спортивной квалификации. Повышение уровня психологической готовности к соревновательной деятельности, наблюдаемое у гиревиков экспериментальной группы под воздействием экспериментальной методики, обусловило повышение коэффициента результативности. Гиревики экспериментальной группы обладали более высоким уровнем реализации своих возможностей в соревновательной деятельности. Повышение уровня психологической готовности к соревновательной деятельности гиревиков возможно при направленном воздействии на познавательную и эмоциональную сферу личности в предсоревновательном периоде.

Ключевые слова: высококвалифицированные гиревики, мыслительная деятельность, эмоциональный интеллект, технология формирования предсоревновательной психологической готовности, соревновательная результативность

FORMATION OF PRE-CONTEST PSYCHOLOGICAL READINESS AT SKILLED KETTLEBELL-LIFTERS

Simen V.P.

Chuvash State Pedagogical University n.a. I.Ya. Yakovlev, Cheboksary, e-mail: simen.vladimir@yandex.ru

The purpose of this research work is to identify the influence of the level of formation of the components of psychological readiness of top kettlebell-lifters in a contest period on the effective performance at top contests and also to scientifically substantiate the developed methods of the formation of pre-contest psychological readiness. To experimentally identify the influence of the level of pre-contest psychological readiness of skilled kettlebell-lifters there have been involved 11 athletes (they were masters of sports, international masters of sports, honoured masters of sports). The article states that skilled kettlebell-lifters can objectively assess their abilities and correctly predict their competition results. The pedagogical experience (that involved the two groups of 17-18-year-old athletes with eleven participants in each group) demonstrated the high efficiency of the implementation of the developed methods of formation of pre-contest psychological readiness of skilled kettlebell-lifters in the training process. The rise in the level of psychological readiness for contests (observed at the kettlebell-lifters from the experimental group) conditioned the rise in the performance ratio. The kettlebell-lifters from the experimental group demonstrated the higher level of the implementation of their abilities in contests.

Keywords: highly skilled kettlebell-lifters, intellectual activity, emotional intelligence, technology of formation of pre-competitive psychological readiness, competitive results

Вопросы подготовки гиревиков высокого класса, способных достойно представлять нашу страну на крупнейших соревнованиях, приобрели актуальность в связи с выходом гиревого спорта на международную арену.

В научно-методической литературе заложены основы предсоревновательной психологической подготовки спортсменов.

В публикациях разных авторов исследование результативности соревновательной деятельности спортсменов предлагается проводить через психологическую подготовку спортсменов к соревнованиям [1], изучение и учет сформированности спортивной мотивации, психической нагрузки и её переносимости спортсменом, психологической готовности [2]; предсоревновательной мыслительной деятельности и эмоционального интеллекта [3, 4]. Оправданным является изучение достижения успехов в соревновательной деятельности спортсменов через призму свойств нервной системы [5].

Вопросы совершенствования технологии предсоревновательной психологической подготовки спортсменов описываются в диссертационных исследованиях разных авторов, выполненных в конце XX века и в начале нынешнего столетия. В них научному обоснованию подверглись мето-

дики формирования состояния готовности единоборцев к поединку в зависимости от индивидуальных особенностей, уровня индивидуальной готовности на основе результатов текущего контроля состояния готовности к соревновательной деятельности.

Применительно к гиревому спорту изучались особенности уровня развития настойчивости и целеустремленности, типа темперамента и мотивов занятия гиревым спортом [6, 7] высококвалифицированных гиревиков, методы и методические приемы регулирования предстартового [8–10] и соревновательного [11, 12] психического состояния, критерии психического утомления в процессе выступления на соревнованиях [13].

Реферативный обзор научно-методической литературы позволяет сделать заключение о существенном влиянии психологической готовности на достижение высоких соревновательных результатов в различных видах спорта, с одной стороны, и недостаточной научной разработанности проблемы формирования психологической готовности гиревиков высокой спортивной квалификации к участию в соревнованиях высокого ранга, с другой.

С учетом содержания этого противоречия **целью исследования** является выявление влияния уровня сформированности компонентов психологической готовности гиревиков высокого класса в соревновательном периоде на успешность выступления в соревнованиях высокого ранга и научное обоснование разработанной методики формирования этой готовности.

Гипотеза исследования: мы предположили, что гиревики высокой спортивной квалификации обладают достаточно высоким уровнем сформированности предсоревновательной психологической готовности, и это положительно влияет на результативность соревновательной деятельности; повышение уровня психологической готовности к соревновательной деятельности гиревиков возможно при направленном воздействии на познавательную и эмоциональную сферу личности в предсоревновательном периоде.

Для достижения цели исследования в соответствии с содержанием сформулированной нами гипотезы последовательно решались следующие **задачи:**

1. Определить влияние уровня предсоревновательной психологической готовности гиревиков высокой спортивной квалификации на результативность соревновательной деятельности.

2. Разработать экспериментальную методику формирования предсоревновательной психологической готовности гиревиков высокой спортивной квалификации и апробировать эффективность ее практической реализации.

Материалы и методы исследования

В соответствии с первой задачей нашей работы нами было проведено экспериментальное исследование влияния уровня предсоревновательной психологической готовности гиревиков высокой спортивной квалификации на результативность соревновательной деятельности. Исследования были проведены с участием 11 высококвалифицированных гиревиков. Выборку составили гиревики молодежного и основного составов сборной России (МС, МСМК, ЗМС). Брались заявленные результаты в рывке и толчке и сравнивались с результатами, показанными спортсменами на соревнованиях. Для определения успешности выступления гиревиков на соревнованиях выявлялся коэффициент соревновательной результативности спортсмена, который был найден делением показанного результата на заявленный результат.

Нами полагалось, что чем выше этот показатель, тем в большей степени гиревик смог реализовать свои возможности благодаря более высокому уровню психологической готовности.

Психологическая готовность гиревиков и содержание предсоревновательной мыслительной активности атлетов выявлялись по методикам Г.Д. Бабушкина, уровень развития эмоционального интеллекта определялся по методике Холла [14, 15].

С учетом второй задачи исследования нами был проведен формирующий педагогический эксперимент с участием двух групп гиревиков в возрасте 17–18 лет. В контрольной группе (КГ) было 11 человек, столько же спортсменов было и в экспериментальной группе (ЭГ). Спортсмены КГ традиционно готовились психологически к участию в соревнованиях через участие в соревнованиях, в работе с ними не проводились специально организованные мероприятия, направленные на формирование состояния психологической готовности к соревновательной деятельности. В учебно-тренировочном процессе гиревиков ЭГ применялась разработанная нами методика формирования предсоревновательной психологической готовности. Педагогический эксперимент проводился с сентября 2016 г. по декабрь 2017 г. За время эксперимента испытуемые обеих групп приняли участие в 10 соревнованиях по гиревому спорту. У испытуемых обеих групп в начале (перед первым соревнованием) и после завершения педагогического эксперимента (перед последним соревнованием) измерялись показатели психологической готовности к соревновательной деятельности: мыслительной деятельности и эмоционального интеллекта. Эти показатели определялись непосредственно в день соревнований. Наряду с этим у испытуемых обеих групп рассчитывался показатель соревновательной результативности, как частное от деления показанного соревновательного результата к прогнозируемому (коэффициент результативности).

Результаты исследования и их обсуждение

Спортивные соревнования международного ранга предъявляют высокие запросы к психологической готовности спортсмена [14].

Исследуя показатели результативности соревновательной деятельности и компонентов предсоревновательной психологической готовности гиревиков высокой спортивной квалификации, установлено, что высококвалифицированные гиревики реально оценивают свои возможности и правильно прогнозируют свои соревновательные результаты.

Высокие показатели мыслительной активности были обнаружены у шести гиревиков: двое из них являются заслуженными мастерами спорта и двое мастерами спорта международного класса. Участники соревнований этой группы становились чемпионами и вторыми призерами в своих весовых категориях. Атлеты со средним и низким уровнем интеллектуальной активности в своих весовых категориях становились третьими призерами и ниже. Гиревики с высокими показателями эмоционального интеллекта становились чемпионами и вторыми призерами на соревнованиях, коэффициент эффективности соревновательной деятельности находился в пределах 1,0–1,02. Гиревики, у которых были низкие показатели эмоционального компонента, не выполнили заявленных результатов на соревнованиях. Коэффициент эффективности их соревновательной активности находился в диапазоне 0,83–0,98. Существует высокая корреляция между эмоциональным интеллектом и содержанием мыслительной деятельности ($r = 0,82$ при $P < 0,05$). Аналогичные данные были получены и в исследованиях тяжелоатлетов [14].

Обращает внимание высокая значимость эмоционального компонента психологической готовности для достижения гиревиками высоких соревновательных результатов ($r = 0,55$ при $P < 0,05$). Наряду с этим показатели познавательного компонента оказывают незначительное влияние на повышение соревновательной результативности – значения коэффициента корреляции не достигают достоверных значений ($r = 0,24$ при $P > 0,05$).

С учетом *второй задачи* исследования нами была разработана экспериментальная методика психологической подготовки квалифицированных гиревиков. При ее разработке нами учитывались следующие психологические *закономерности*:

1) способности к психорегуляции не являются врожденными, а приобретаются в ходе специальной психологической подготовки;

2) владение приемами психорегуляции позволяет формировать психические состояния, значимые для результативности поведения и деятельности спортсменов на соревнованиях;

3) проприоцептивные импульсы от опорно-двигательного аппарата оказывают существенное влияние на психическое состояние спортсмена, стимулируя деятельность мозга;

4) индивидуально-психологические особенности спортсмена оказывают существенное влияние на субъективное восприятие окружающей среды и психическое состояние;

5) существенное значение на уровень и динамику психологической готовности к соревновательной деятельности имеют уровень развития психических функций.

Поэтому нами при развитии способности к психорегуляции учитывались следующие педагогические *условия*:

а) учет индивидуально-психологических особенностей гиревиков и имеющегося у них опыта психической саморегуляции;

б) необходимость предварительного формирования положительной установки на отношение к занятиям психорегуляцией;

в) направленность педагогических воздействий на развитие психических функций, обусловливающих способности к психорегуляции (концентрации, устойчивости и переключения внимания; воображения; представления; ощущений);

г) взаимодействие психологических, педагогических и физических средств при формировании, развитии и совершенствовании регуляторных механизмов психики у спортсменов-гиревиков.

Реализация экспериментальной методики предполагала реализацию комплекса организационно-методических приемов:

1) формирование опыта соревновательной деятельности;

2) поведение тренера;

3) обучение приемам психической саморегуляции через управление содержанием сознания (объекты материального мира, физического, духовного и социального «Я»);

4) предсоревновательная разминка;

5) формирование и сохранение привычного образа жизни в день соревнований;

6) организация предстартовой тренировки;

7) обучение применению приемов психорегуляции в процессе соревновательной деятельности.

Для апробирования эффективности практической реализации экспериментальной методики формирования предсоревновательной психологической готовности гиревиков высокой спортивной квалификации нами был проведен формирующий педагогический эксперимент. Установлено (табл. 1–2), что в начале эксперимента группы испытуемых были относительно однородными по показателям психологической готовности и соревновательной результативности ($P > 0,05$).

Таблица 1

Показатели соревновательной результативности и компонентов предсоревновательной психологической готовности гиревиков контрольной группы (КГ) до и после завершения эксперимента, n = 11

Время тестирования	Показатели				
	Психологическая готовность		Соревновательный результат		Коэффициент результативности
	мыслительная деятельность	эмоциональный интеллект	план	реальный	
до	43,27 ± 7,46	57,03 ± 7,43	150,91 ± 33,45	150,06 ± 34,63	1,00 ± 0,03
после	45,91 ± 6,44	59,27 ± 6,36	162,27 ± 32,51	160,91 ± 34,27	0,99 ± 0,0
T-test (P)	0,61	0,54	0,18	0,25	0,65

Таблица 2

Показатели соревновательной результативности и компонентов предсоревновательной психологической готовности гиревиков экспериментальной группы (ЭГ) до и после завершения эксперимента, n = 11

Время тестирования	Показатели				
	Психологическая готовность		Соревновательный результат		Коэффициент результативности
	мыслительная деятельность	эмоциональный интеллект	план	реальный	
до	42,91 ± 7,41	57,55 ± 5,28	148,64 ± 32,11	148,73 ± 35,55	1,00 ± 0,06
после	52,36 ± 7,61	65,64 ± 7,63	163,18 ± 33,64	164,55 ± 33,28	1,01 ± 0,02
T-test (P)	0,01	0,04	0,24	0,15	0,35

Таблица 3

Показатели соревновательной результативности и компонентов предсоревновательной психологической готовности гиревиков контрольной (КГ) и экспериментальной (ЭГ) групп после эксперимента

Группы гиревиков	Показатели				
	Психологическая готовность		Соревновательный результат		Коэффициент результативности
	мыслительная деятельность	эмоциональный интеллект	план	реальный	
ЭГ, n = 11	52,36 ± 7,61	65,64 ± 7,63	163,18 ± 33,64	164,55 ± 33,28	1,01 ± 0,02
КГ, n = 11	45,91 ± 6,44	59,27 ± 6,36	162,27 ± 32,51	160,91 ± 34,27	0,99 ± 0,0
T-test (P)	0,04	0,05	0,95	0,80	0,04

За время педагогического эксперимента испытуемые КГ приняли участие в 10 соревнованиях по гиревому спорту, что обусловило повышение показателей психологической готовности к соревновательной деятельности – мыслительной деятельности от 43,27 до 45,91 балла; эмоционального интеллекта от 57,03 до 59,27 балла.

Однако эти различия наблюдаются только на уровне статистически незначимой тенденции (P > 0,05).

Таким образом, психологическая подготовка к соревновательной деятельности через участие в соревнованиях не обеспечивает существенного педагогического эффекта. Об этом говорит и то, что коэффициент результативности за время эксперимента существенно не изменился.

За время педагогического эксперимента у гиревиков наблюдалось существенное повышение показателей мыслительной деятельности (от 42,91 до 52,36 балла) и эмоционального интеллекта (от 57,55 до 65,54 балла). Улучшение психологической готовности привело к повышению соревновательной результативности, однако эти изменения не были достоверными (табл. 2).

Результаты исследования, приведенные в табл. 3, свидетельствуют о существенном преимуществе гиревиков ЭГ перед гиревиками другой группы в показателях психологической готовности к соревновательной

деятельности после завершения педагогического эксперимента.

Повышение уровня психологической готовности к соревновательной деятельности, наблюдаемое нами у гиревиков ЭГ под воздействием экспериментальной методики, обусловило повышение коэффициента результативности до 1,01 ед. Сравнительный анализ показал, что гиревики ЭГ обладали более высоким уровнем реализации своих возможностей в соревновательной деятельности – различия в этом показателе статистически достоверны на 5 % уровне значимости. Это свидетельствует о педагогической эффективности разработанной нами методики формирования психологической готовности гиревиков к соревновательной деятельности.

Заключение

Знание и применение в учебно-тренировочной деятельности разработанной технологии способствует формированию предсоревновательной психологической готовности и позволит повысить соревновательные результаты квалифицированных гиревиков.

Список литературы

1. Бабушкин Г.Д. Интеллектуально-психологическая подготовка спортсмена / Г.Д. Бабушкин, К.В. Диких. – Омск: СибГУФК, 2013. – 240 с.

2. Бабушкин Г.Д. Переносимость психической нагрузки и её влияние на результативность соревновательной деятельности спортсменов / Г.Д. Бабушкин, Е.А. Скорук // Омский научный вестник. – 2014. – № 3. – С. 171–174.

3. Горбунов Г.Д. Психопедагогика спорта / Г.Д. Горбунов. – М.: Советский спорт, 2014. – 320 с.

4. Рыбин Р.Е. Предсоревновательная подготовка пловцов высокой квалификации / Р.Е. Рыбин, Г.Д. Бабушкин, В.П. Бачин // Омский научный вестник. – 2015. – С. 187–191.

5. Сопов В.Ф. Теория и методика психологической подготовки в современном спорте / В.Ф. Сопов. – М.: Советский спорт, 2010. – 117 с.

6. Симень В.П. Особенности типа темперамента высококвалифицированных гиревиков / В.П. Симень // Теория и практика физической культуры. – 2015. – № 3. – С. 77–78.

7. Симень В.П. Совершенствование методики психологической подготовки гиревиков в структуре поэтапной многолетней спортивной тренировки / В.П. Симень, Г.Л. Драндров // Вестник Чувашского государственного педагогического университета им. И.Я. Яковлева. – 2016. – № 2 (90). – С. 177–184.

8. Волков П.Б. Психорегуляция в гиревом спорте мастеров в условиях нестандартных проявлений двигательных способностей / П.Б. Волков, А.П. Сагайдачная // Актуальные проблемы теории и методики современного гиревого спорта: сб. науч. статей / под ред. В.П. Сименя. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2015. – С. 44–56.

9. Катаев И.В. Психологическая предстартовая подготовка спортсменов-гиревиков // Актуальные проблемы развития гиревого спорта в России и за рубежом: матер. Всерос. науч.-практ. конф. 16–17 октября 2014 г., г. Омск. – Омск: ООО «Образование Информ», 2014. – С. 23–29.

10. Поручиков В.В., Якименко А.С. Психологическая подготовка гиревиков в соревновательном периоде // Матер. научн.-практ. конф. – Харьков: ХДУФК им. Г.Р. Державина, 2016. – С. 34–37.

11. Распопин Е.В. Методы саморегуляции психических состояний в гиревом спорте / Е.В. Распопин // Актуальные проблемы теории и методики современного гиревого спорта: сб. науч. статей / под ред. В.П. Сименя. – Чебоксары: Чуваш. гос. пед. ун-т, 2015. – С. 69–77.

12. Шикунов А.Н. Методы формирования психологической устойчивости у гиревиков. – 2009. URL: http: // www. sportspravka. com/main. mhtml?Part = 307&PublD = 4957 (дата обращения: 21.03.2018).

13. Хомяков Г.К. К вопросу обучения упражнению «толчок» в гиревом спорте / Г.К. Хомяков, А.Н. Панасенко, В.Ю. Лебединский // Вестник Иркутского государственного технического университета. – 2014. – № 12. – С. 452–459.

14. Яковлев П.Б. Влияние психологической подготовленности тяжелоатлетов высокой квалификации на результативность соревновательной деятельности / П.Б. Яковлев, Г.Д. Бабушкин // Спортивный психолог. – 2016. – № 1 (40). – С. 41–46. URL: http://www.Sport-psy.ru/sites/sport-psy.ru/files/1-40-16.pdf 4957 (дата обращения: 21.03.2018).

УДК 797.2

АНАЛИЗ ФАКТОРОВ, ОПРЕДЕЛЯЮЩИХ СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ ОБУЧЕНИЯ ПЛАВАНИЮ И ПОДГОТОВКИ К ВФСК ГТО

Сироткин С.А., Сироткина О.А.

Научно-исследовательский университет «Московский институт электронной техники» (НИУ МИЭТ), Москва, e-mail: 503741@mail.ru, 549119@mail.ru

Реализация ВФСК ГТО и требования ФГОС 3+ в отношении программ физической культуры вузов направлены на то, чтобы современные студенты, используя возможности ФК, умели не только сохранять здоровье, но и развивались, и совершенствовались в области ФК. Материалы: В статье выявлены общие проблемы и факторы, влияющие на процесс обучения, к ним относятся состояние здоровья, отношение к ФК и ГТО, владение техникой плавания при поступлении. Проанализированы результаты обучения. Предложены пути усовершенствования программы и методики обучения с целью повышения интереса к ФК и подготовки к сдаче нормативов ГТО. Методы: анализ и обобщение научно-методической литературы, констатирующий эксперимент, опрос, тестирование, статистическая обработка данных. Результаты: Полученные результаты показывают проблемы, характерные для современных студентов, – почти половина студентов имеет отклонения в здоровье, не соответствующий государственным критериям уровень физической подготовленности, низкий интерес к физической культуре. Почти половина современных студентов технического вуза не умеют плавать. Заключение: Результаты констатирующего эксперимента позволяют определить содержание программы обучения плаванию и подготовки к выполнению нормативов ВФСК ГТО. Особое внимание при создании программы должно быть уделено подбору форм и методов, повышающих интерес студентов к занятиям ФК.

Ключевые слова: студенты технических вузов, здоровье, физическое воспитание, ГТО, мотивация, обучение студентов плаванию

ANALYSIS OF DECISIVE FACTORS FOR SWIMMING TRAINING PROGRAM AND LEAD-UP FOR VFSK GTO

Sirotkin S.A., Sirotkina O.A.

National Research University of Electronic Technology, Moscow, e-mail: 503741@mail.ru, 549119@mail.ru

Realization of VFSK GTO and requirements FGOS 3+ to physical culture program in universities aim not only to maintain the health of nowaday students but also to promote their progress and enhancement in physical culture. Materials: In the article there were detected common problems and factors affecting the training process, such as state of health of the students admitted to the university, their attitude to physical culture and GTO, swimming skills. There were analyzed the progress of the students in swimming training and suggested the ways for training program improvement to increase interest in sport and lead-up to GTO norms achievement. Methods: Analysis and generalization of specialist literature, ascertaining experiment, quiz, tests, statistical treatment of the data. Results: The systemic problems of modern students are the following: almost every second student has health disorders, level of physical preparedness doesn't meet national standards, low interest in sports. Almost every second student can't swim. Conclusion: The ascertaining experiment results allow to determine the content of the needed program for swimming training and lead-up to GTO norms achievement. Special attention should be paid to forms and methods that increase interest in sports.

Keywords: students, health, physical education, GTO, motivation, swimming training

С внедрением Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к Труду и Обороне» (ГТО) конкретизировались требования к уровню физической подготовленности студентов [1]. Одним из видов испытаний ГТО является плавание, навык, которым не все владеют.

С целью создания программы для массовой подготовки студентов НИУ МИЭТ к выполнению нормативов ГТО по плаванию мы исследовали факторы, влияющие на процесс обучения, а также результаты обучения студентов плаванию за 2013–2016 гг. и результаты выполнения нормативов ГТО.

Важным фактором обучения плаванию является программа, содержащая учебный материал, методы и средства [2]. В отличие от хорошо обоснованных и разработанных методов обучения детей спортивному плаванию, методик обучения взрослых, с учетом целей обучения и особенностей контингента, недостаточно [2]. Среди специалистов есть разные мнения, с изучения какого спортивного способа и каких его элементов нужно начинать обучение плаванию. Общепринятым считается целостно-раздельный метод обучения [2]. Спорным является вопрос о целесообразности и степени использования поддерживающих средств в начальном обучении. Недостаточно учитываются психомоторные и познавательные способности студентов.

Во многих работах об обучении двигательным действиям говорится о важности

представления [3, 4]. Целенаправленное формирование адекватных двигательных представлений является предпосылкой успешного освоения навыка плавания. Логично предположить, что взрослым должно легче даваться осознание и постижение способа решения двигательной задачи. С использованием современных информационных компьютерных технологий (ИКТ) это можно сделать наиболее полно по формированию всех компонентов двигательного представления [4]. Но пока таких методов разработано недостаточно.

Многие авторы отмечают низкий уровень мотивации современных студентов к занятиям ФК и С [5–7]. Мы считаем, что основные цели разрабатываемой нами программы не только овладение навыком плавания, но и повышение интереса к занятиям ФК посредством ее применения.

Для современных студентов нефизкультурных вузов необходимы методы организации занятий по физической культуре и способы воздействия, соответствующие их интеллектуальной и духовной сферам личности. Существенное значение для формирования интересов, мотивов и потребностей студентов в физкультурной активности имеют: активизация познавательной деятельности, повышение образовательной ценности учебно-тренировочных занятий, углубление теоретических основ обучения двигательным действиям; развитие активности и самостоятельности при выполнении программ самовоспитания и самосовершенствования, чувство удовлетворенности от избранного вида ФК; дифференцированный подход к занимающимся; создание соответствующих материально-технических условий для проведения занятий [7].

В работах о методах обучения ученик рассматривается как объект педагогических воздействий, мало конкретных научно-практических рекомендаций инициирования у занимающихся двигательной активности. Целесообразнее использовать такую целостную систему специфических форм организации занятий и способов воздействия, которые отвечают гуманистическому принципу «побуждать, а не понуждать» и тем самым усиливают интерес обучающихся к той деятельности, на которую их ориентирует педагог [5]. Тогда ученик выступает субъектом собственной активности. Функция таких способов воздействия должна заключаться в обеспечении перестройки мотивационной сферы студентов, адекватно принятой ими цели деятельности, в результате чего формируется положительная направленность на нее [5].

В соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом программы физического воспитания (ФВ) должны быть ориентированы на владение и развитие способностей самостоятельного использования методов и средств ФК [8].

Результаты констатирующего эксперимента:

1. Состояние здоровья студентов первых курсов на основании медосмотров: из общего числа обследованных 3372 человек (табл. 1): к основной медицинской группе относятся 1524(54%), к подготовительной – 899 (29%), к СМГ и ЛФК – 573(17%) человека. Укрепление здоровья студентов средствами ФК – одна из основных задач кафедры ФВ.

2. По результатам анкетирования, проводимого для распределения по видам спорта, 51% студентов указали – «не умею плавать» и 16% – «плохо плаваю» (табл. 1). Поскольку умение плавать является жизненно важным навыком [2], задачей вузов, имеющих плавательные бассейны, является массовое обучение плаванию.

3. Результаты тестирования ГТО 590 студентов (437 юношей и 153 девушки) приведены в табл. 2. Нормативы на знаки отличия, студенты лучше выполнили на гибкость, самые низкие результаты были в беге на выносливость. Нормативы по плаванию выполнили у девушек – 20,9%, у юношей – 29,7%, (в 2015 г. нормативы на серебряный и бронзовый знаки отличия были без учета времени). На знаки отличия ГТО по 6 видам у юношей и девушек выполнило по 6 человек.

Таблица 1

Статистики здоровья и умения плавать среди поступивших на первый курс студентов

Год	Количество студентов 1 курса	Прошедших медосмотр и приступивших к занятиям ФК	Основная медицинская группа	Подготовительная медицинская группа	Специальная медицинская группа и ЛФК	Студенты не умеющие плавать	Студенты плохо плавающие
2013	939	893	429 (48,58%)	280 (31,71%)	175 (19,82%)	401 (45,41%)	112 (12,68%)
2014	813	722	290 (40,17%)	282 (39,06%)	150 (20,78%)	388 (53,74%)	96 (13,30%)
2015	823	723	408 (56,43%)	166 (22,96%)	149 (20,61%)	379 (52,42%)	164 (15,21%)
2016	797	691	397 (51,16%)	171 (21,39%)	122 (17,28%)	372 (47,94%)	118 (23,80%)

4. Анализ приема нормативов ГТО по плаванию дал следующие результаты: спортивные способы использовали 84,3% студентов, из них 75,7% – кроль, 4,6% – кроль на спине, 4% – брасс; самобытные способы – 15,7% студентов; не выполняли выдох в воду – 19% (от числа студентов, плывших на груди); нарушили правила сдачи нормативов – 6,3% студентов; 7% не закончили дистанцию, их физиологическое состояние можно охарактеризовать как состояние «мертвой точки». Большинство студентов 1-го курса не имеют опыта соревновательной деятельности по плаванию и практики сдачи нормативов. Сдача нормативов для них является стрессом и требует подготовки.

5. Результаты контрольных нормативов в группах обучения плаванию (221 студент):

1) Успешно освоили технику плавания за 32 занятия, с оценками 4–5 баллов по пятибалльной шкале [2], кролем – 114 (51%) студента, кролем на спине – 151 (74%), брассом – 67 (30%);

2) На 3 балла – 47 (23%), 13 (19%), 44 (20%) соответственно;

3) Не смогли освоить технику спортивных способов 60 (26%), 13 (6%), 106 (48%) соответственно.

В итоге успешно, по нашему мнению, научились плавать, с суммой оценок за три стиля в интервале 11–15 баллов, – 95 (43%) студентов; удовлетворительно, в интервале 8–11 баллов, – 71 (32%) студента; неудовлетворительно, ниже 8 баллов – 55 (25%). Большое количество низких оценок за брасс, у 64 (87%) студентов, обусловлено неправильной работой ног.

Большинство студентов (мужчин) 134(60,6%) проплывают 50 м на 12-м занятии со средним результатом 59,33 ± 13,2 с. Дальнейшая динамика: 25-е занятие – 55,17 ± 11,2 с, 43-е занятие – 51,5 ± 10,0 с, 52-е занятие – 50,3 ± 9,7 с. Следовательно, для выполнения нормативов ГТО (1 мин. 10 сек.) важным условием является владение техникой спортивных стилей плавания.

6. Техника плавания студентов зависит от ее представления, результаты исследования авторов опубликованы в отдельной статье [3].

7. Результаты посещаемости занятий по ФК: в 1-м семестре – 22,24 (65,42%) занятий, средняя посещаемость занятий в пяти последующих семестрах – 14,45 (42,50%) занятий, что соответствует минимуму для получения зачета при условии сдачи зачетных нормативов.

8. Мотивы студентов к занятиям физической культурой изучались по 13 основным группам [6]. Студенты указывали мотивы в порядке приоритетности. Полученные результаты приведены в табл. 2. Объединены схожие по сущности мотивы. В нижней графе указано количество процентов учащихся, указавших данный мотив. Преобладание административного мотива говорит об узости интересов и потребностей в отношении ФК как общекультурной дисциплины, высокий процент оздоровительных мотивов – о разумной и рациональной позиции студентов. В отличие от студентов других видов спорта (11%) студенты специализации плавания гораздо чаще указывали двигательно-деятельностные мотивы (38%), сообщая, что получают удовольствие и испытывают приятные ощущения при занятиях в воде.

9. В результате опроса среди первокурсников выяснилось, что 89% студентов хотели бы научиться плавать в той или иной степени. Указывались следующие цели обучения: научиться правильно плавать (в понимании большего количества студентов красиво), плавать баттерфляем, плавать для здоровья, нырять для дайвинга и других видов отдыха под водой, плавать для занятий экстремальными водными видами спорта серфинг и виндсерфинг, кайтинг, водные виды туризма.

Желание участвовать и выполнить нормативы ГТО проявили 24% студентов, у 76% студентов интерес отсутствует.

Только 22% студентов занимаются ФК и спортом во внеурочное время. Таким образом, желание студентов заниматься спортом у большинства не актуализируется, хотя университет предоставляет все необходимые для этого условия.

10. В 2016/2017 учебном году на кафедре ФВ среди студентов проводился конкурс на лучший видеоролик по методике обучения двигательных действий в различных видах спорта. Сценарий студенты разрабатывали совместно с преподавателями, самостоятельно снимали и монтировали ролики. Данная форма обучения вызвала у студентов большой интерес и активность. Было принято решение собрать коллекцию лучших учебных видеоматериалов, а подобный конкурс сделать ежегодным.

11. В результате социологического опроса на тему повышения интереса к занятиям ФК среди 221 студента, прошедших обучение плаванию, студенты в количестве 147 человек согласились, что обучение может стать интереснее благодаря применению большего количества видеоматериалов, тренажеров, электронных программ обучения, видеосъемке во время проведения практических занятий для анализа техники плавания. А также предложили свои варианты: применение анимации, видео в формате виртуальной реальности, симуляторов, мобильных приложений, возможности самостоятельных занятий с отчетом в электронной форме.

Таблица 2

Результаты выполнения нормативов ГТО

Норматив	Бег 100 м Женщины Мужчины	Плавание 50 м Женщины Мужчины	Прыжок в длину с места Женщины Мужчины	Подтягивания Женщины Мужчины	Бег / Женщины 2000 м Мужчины 3000 м	Метание гранаты Женщины Мужчины	Наклоны Женщины Мужчины	Пресс 1 мин. Женщины Рывок гири 16 кг Мужчины
Количество выполнивших	Кол(%)	Кол(%)	Кол(%)	Кол(%)	Кол(%)	Кол(%)	Кол(%)	Кол(%)
золотой	14 (9,2)	23 (15,0)	9 (5,9)	3 (25)/	3 (2)	24 (19)	53 (34,4)	4 (2,6)
серебряный	6 (3,9)	9 (5,9)	24 (15,7)	4 (2,6)	8 (5,2)	24 (2,6)	30 (19,6)	6 (3,9)
бронзовый	5 (3,3)		24 (15,7)	14 (9,2)	1 (0,7)	2 (4,6)	11 (7,1)	5 (3,3)
всего	25 (16,4)	32 (20,9)	57 (37,3)	21 (14,3)	12 (7,9)	15 (26,2)	94 (61,1)	15 (9,8)
золотой	62 (14,1)	71 (16,2)	110 (25,23)	107 (24,5)	4 (0,9)	22 (5,0)	116 (24,5)	57 (13,0)
серебряный	131 (30)	59 (13,5)	67 (15,37)	67 (15,3)	9 (2,1)	8 (1,8)	126 (28,8)	9 (2,1)
бронзовый	23 (5,3)	0	83 (19,04)	16 (3,7)	14 (3,4)	9 (2,1)	7 (1,6)	14 (3,2)
всего	216 (49,4)	130 (29,7)	260 (59,63)	190 (43,5)	80 (6,4)	39 (8,9)	249 (54,9)	80 (18,3)

Таблица 3

Статистика мотивов к занятиям ФК среди студентов 1-го курса

Мотивы / Уровень приоритетности	Административные	Оздоровительные	Двигательно-деятельностные и психологического-знаничные	Соревновательно-конкурентные и познавательно-развивающие	Эстетические	Коммуникативные	Творческие, статусные	Культурологические, восстановительные
1 уровень	36%	23%	2%	4%	3%	0	0%	0
2 уровень	14%	31%	12%	8%	8%	7%	0%	0
3 уровень	18%	12%	24%	8%	2%	11%	0%	0
Всего	98%	81%	50%	25%	13%	28%	1%	2%

Выводы

1. Отклонения в здоровье уже на первом курсе наблюдаются почти у половины студентов. Низкий уровень физической подготовки, отсутствие интереса к ФК и спорту, как следствие, недостаток двигательной активности являются причиной роста заболеваемости студентов [9].

2. Для того чтобы процент студентов, систематически занимающихся ФК и спортом, достиг показателя 80 % в соответствии со «Стратегией развития физической культуры и спорта в Российской Федерации до 2020 года» [8], требуются качественно новые подходы в работе специалистов по ФК в вузах. Основным направлением этой работы должны быть меры, направленные на повышение интереса и развитие мотивации студентов к занятиям ФК и С.

3. Большинство студентов 1 курса не умеют плавать, но хотят научиться. Но данная потребность характеризуется гедонистической направленностью личности, а не спортивно-конкурентной. Это желание надо использовать как фактор формирования потребности в ФК. Удовольствие, получаемое студентами от занятий в воде, также выступает потребностью, стимулируя эмоциональные переживания [7], а при регулярных занятиях ФК у студентов вырабатывается к ним устойчивая привычка.

4. Необходимо воплотить теоретические аспекты формирования мотивов к занятиям ФК и С в программе подготовки к выполнению нормативов ГТО по плаванию. Плавание является прекрасной моделью для изучения педагогических процессов, поскольку представляет собой двигательное действие, не заданное изначально, не формирующееся в повседневной жизни самопроизвольно, а требующее специально организованного педагогического воздействия.

5. Требуется изучить средства и методы формирования двигательного представления плавания и их влияние на обучение студентов.

6. На основании полученных результатов следует разработать программу подготовки к выполнению нормативов ГТО по плаванию.

Теоретическая часть программы должна содержать разделы: плавание как жизненно важный навык, основы плавания, влияние занятий плаванием на здоровье, правила соревнований по плаванию и сдаче нормативов ГТО, спортивная тренировка, правила оказания помощи на воде. Для реализации компетентностного подхода и активизации сознательного отношения студентов к овладению теоретическими и практическими знаниями в области ФК должны быть разработаны новые средства и формы обучения, в том числе используя информационно-компьютерные технологии. В связи с отсутствием на кафедре ФВ аудиторий для теоретической подготовки максимально возможную часть планировать как самостоятельную работу студента.

Практическая часть программы должна включать: обучение технике спортивных, как наиболее быстрых, способов плавания (кроль, брасс, кроль на спине), умению менять положение тела и способы во время плавания, старты с тумбы, повороты.

7. Для реализации данной программы должна быть разработана, обоснована и экспериментально проверена методика массового обучения плаванию с учетом особенностей контингента. Данная методика обучения должна предусматривать самостоятельное обучение плаванию студентами.

8. Требуется разработать систему оценки и стимулирования академической и самостоятельной деятельности студентов для формирования чувства успешности и позитивного отношения к ФК.

Список литературы

1. Федеральный закон от 04.12.2007 № 329-ФЗ (ред. от 29.06.2015) «О физической культуре и спорте в Российской Федерации». Некоммерческая интернет-версия КонсультантПлюс. URL: http://www.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc&base=LAW&n=284301&fld=134&dst=1000000001,0&rnd=0.7009302225013119#0639687146754264 (дата обращения: 10.04.2018).

2. Андрианов А.К. Инновационные методы дифференциации спортивного обучения плаванию студентов в вузах / А.К. Андрианов // Социально-экономические явления и процессы. – 2012. – № 1. – С. 255–259 URL: https://cyberleninka.ru/article/n/innovatsionnye-metody-differentsiatsii-sportivnogo-obucheniya-plavaniyu-studentov-v-vuzah (дата обращения: 10.04.2018).

3. Сироткин С.А. Зависимость техники плавания от мысленных представлений при обучении плаванию студентов / С.А. Сироткин, О.А. Сироткина // Спортивный психолог. – 2017. – № 2. – С. 70–75.

4. Мысленная тренировка в психологической подготовке спортсмена / А.Н. Веракса, А.Е. Горовая, А.И. Грушко [и др.]. – М.: Спорт, 2016. – 212 с.

5. Кондаков В.Л. Отношение студентов к занятиям физической культурой и спортом в образовательном пространстве современного вуза / В.Л. Кондаков [и др.] // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 1–1.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=18861 (дата обращения: 10.04.2018).

6. Наговицын Р.С. Мотивация студентов к занятиям физической культурой в вузе / Р.С. Наговицын // Фундаментальные исследования. – 2011. – № 8–2. – С. 293–298.

7. Популо Г.М. Формирование потребностно-мотивационного компонента к занятиям физического воспитания в вузе / Г.М. Популо, Н.В. Сизова, Е.Д. Чернова // Электронный научный журнал «apriori. серия: гуманитарные науки». – 2016. – № 5 [Электронный ресурс]. – URL: http://apriori-journal.ru/seria1/5-2016/Sizova-Populo-Chernova.pdf (дата обращения: 10.04.2018).

8. Платонова Р.И. Организационно-педагогические условия подготовки бакалавров-педагогов в условиях реализации ФГОС 3 + / Р.И. Платонова // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. Серия: Педагогика, психология. – 2015. – № 1. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/organizatsionno-pedagogicheskie-usloviya-podgotovki-bakalavrov-pedagogov-v-usloviyah-realizatsii-fgos-3 (дата обращения: 10.04.2018).

9. Шарова Л.В. Оценка уровня заболеваемости у студентов с различной двигательной активностью / Л.В. Шарова., Т.В. Абызова, А.В Шаров // Педагогико-психологические и медико-биологические проблемы физической культуры и спорта. – 2011. – № 2(19). – С. 122–128. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-urovnya-zabolevaemosti-u-studentov-s-razlichnoy-dvigatelnoy-aktivnostyu (дата обращения: 10.04.2018).

УДК 378.147

РАЗРАБОТКА СИМУЛЯТОРОВ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИЙ МАГИСТРАНТОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ ОНЛАЙН-КУРСОВ

Федорова Л.А.

ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов», Москва, e-mail: laf2006@yandex.ru

Настоящая статья посвящена исследованию ресурсов и инструментов учебного курса, используемых в процессе реализации магистерской программы с применением дистанционных образовательных технологий. Использование в учебном процессе в вузе электронных учебных курсов сегодня уже не редкость, а в настоящее время это условие стало одним из обязательных для попадания того или иного университета в государственную программу «5/100». Целью настоящей работы является обзор симуляторов (диалоговые тренажеры, мини-игры и пр.) и обоснование их актуальности применения в учебном процессе при реализации соответствующих образовательных программ с применением дистанционных технологий. В современных условиях крайне важно так сформировать онлайн-курс, чтобы ресурсы и инструменты, используемые в нем, максимально были направлены на повышение уровня самостоятельности в освоении материала и на формирование необходимых компетенций в соответствии с реализуемой основной профессиональной образовательной программой высшего образования. Кроме того, в электронном учебном курсе должны быть как обучающие и контролирующие степень освоения материала элементы, реализуемые по схеме «преподаватель – магистрант», так и элементы обратной связи, реализуемые по схеме «магистрант – преподаватель». Соответственно очень важно определиться с вопросами – какую структуру курса выбрать, какие ресурсы и инструменты использовать в курсе для представления материала, а какие – для проверки качества, обратной связи и полноты освоения материала магистрантами.

Ключевые слова: дистанционные образовательные технологии, онлайн-курс, электронный учебный курс, компетенции, симулятор, диалоговый тренажер, образовательный процесс

DEVELOPMENT OF SIMULATORS FOR FORMATION OF COMPETENCES OF GRADUATES IN THE IMPLEMENTATION OF ONLINE COURSES

Fedorova L.A.

Peoples' Friendship University of Russia, Moscow, e-mail: laf2006@yandex.ru

This article is devoted to the study of the resources and tools of the training course used in the implementation of the master's program with the use of distance learning technologies. The use of e-learning courses in the educational process at the University is not uncommon today, and now this condition has become one of the mandatory for getting a University in the state program «5/100». The purpose of this work is to review simulators (dialogue simulators, mini-games, etc.) and substantiate their relevance in the educational process in the implementation of relevant educational programs using remote technologies. In modern conditions, it is extremely important to form an online course so that the resources and tools used in it, as much as possible were aimed at improving the level of independence in the development of the material and the formation of the necessary competencies in accordance with the implemented basic professional educational program of higher education. Besides, the electronic training course needs to be training and controlling the degree of mastery of the material elements realized according to the scheme «teacher-student», and feedback elements implemented according to the scheme «student-teacher». Accordingly, it is very important to determine what course structure to choose, what resources and tools to use in the course to present the material, and which – to check the quality, feedback and completeness of the material master.

Keywords: distance learning technologies, online course, e-learning course, competences, simulator, dialogue simulator, educational process

Сегодня в век цифровой экономики большое внимание в современных вузах уделяется применению в процессе образовательной деятельности IT-технологий: виртуальные лаборатории, мультимедиасредства, интерактивные доски, онлайн- и офлайн-обучение. Применение дистанционных образовательных технологий в учебном процессе сегодня осуществляется практически во всех учебных заведениях высшего образования в нашей стране. Они способствуют внедрению новых образовательных технологий, повышению открытости и доступности образовательных ресурсов, росту уровня самостоятельности в освоении материала студентами, повышению качества сервисной поддержки образовательного процесса.

Целью настоящего исследования является обзор симуляторов и обоснование их применения в учебном процессе при реализации соответствующих образовательных программ с применением дистанционных технологий.

Сегодня в соответствии с дорожной картой государственной программы поддержки крупнейших российских вузов – проекта «5/100» одним из важнейших направлений развития высшего образования является создание и успешная реализации системы онлайн-обучения. Совершенно ясно, что в современном образовании применение дистанционных технологий в учебном процессе не является какой-то сверхинновацией. М.В. Кларин дает опре-

деление инновации применительно к педагогическому процессу трактуя ее как «введение нового в цели, содержание, методы и формы обучения, организацию совместной деятельности преподавателей и студентов» [1]. В связи с этим инновацией в электронном обучении может стать сочетание ресурсов и инструментов, позволяющих формировать теоретические знания и умения, а также практические навыки у обучающихся. Основным принципом дистанционного обучения является установление интерактивного общения между обучающим и обучающимся, где больший акцент делается на самостоятельную работу последнего [2].

Анализ реализуемых в российских вузах современных онлайн-курсов на базе виртуальной обучающей среды Moodle показал, что в структуре электронного учебного курса используются примерно одни и те же ресурсы дистанционного обучения. Традиционно электронный учебный курс в системе Moodle структурирован:

- на содержательную часть учебной дисциплины;
- средство организации и проведения процесса обучения;
- часть практических заданий;
- среду общения участников курса;
- средства самоконтроля и контроля полученных знаний [3].

В составе электронного учебного курса наиболее часто применяемыми элементами и ресурсами являются:

1. Обучающий материал:

- лекция – автоматически оцениваемый структурированный ресурс, представляющий собой совокупность теоретического материала, подобранного преподавателем-тьютором и разделенного на части, в конце каждой части содержится контрольный вопрос, если студент ответил верно – ему присваивается соответствующее количество баллов и система переводит его на следующий вопрос, а если неверно, то возвращает в начало раздела и уже за верный ответ, но со второй и каждой последующей попытки баллов студенту будет присваиваться все меньше;
- книга – неоцениваемый структурированный ресурс, представляющий собой теоретический материал, подобранный преподавателем-тьютором и размещенного в виде книги, с разделением на главы, параграфы и пр.;
- файл – неоцениваемый неструктурированный ресурс, представляющий собой теоретический материал, подобранный преподавателем-тьютором и размещенный в виде конспекта лекции в форме одного файла Word, pdf, презентации Power Point, Flash-презентации и пр.;
- страница – неоцениваемый неструктурированный ресурс, представляющий собой теоретический материал, подобранный преподавателем-тьютором и размещенный в виде текстовой части;
- гиперссылка – неоцениваемый неструктурированный ресурс, представляющий полностью заимствованный материал из сети Интернет – видео ролики, фильмы.

2. Практическое задание:

- задания (элемента, позволяющего присылать на проверку ответ в составе самостоятельных файлов, оцениваемых преподавателем в соответствии с установленной оценочной шкалой);
- рабочей тетради (элементы, позволяющий формировать ответ в виде текстовой части, оцениваемой преподавателем в соответствии с установленной оценочной шкалой);
- семинар (элемент, представленный в курсе в виде опроса).

3. Инструмент контроллинга степени освоения материала:

- тест (вопросы могут быть сформированы в различной форме – множественный выбор, верно/неверно, на соответствии, числовой ответ, короткий ответ, вычисляемый, выбор пропущенных слов и пр.);
- чат (контроль знаний может быть представлен в форме экспресс-опроса, брейн-ринга и пр.);
- глоссарий (контроль знания терминологии по курсу).

Рассматривая возможность использования электронного учебного курса в рамках реализации магистерских программ подготовки, важно представить в его составе элементы, которые максимально будут способствовать формированию необходимых компетенций. Так, исследуя перечень компетенций, к примеру, представленных в основной профессиональной образовательной программе РУДН по направлению подготовки 38.04.01 «Экономика», уровень высшего образования – магистратура, следует сделать акцент на таких позициях, как общекультурные компетенции, в части формирования способности к самостоятельному освоению новых методов исследования, к измерению научного и научно-производственного профиля своей профессиональной деятельности, а также владения навыками публичной и научной речи, так и профессиональные компетенции, в части формирования способности обобщать и критически оценивать результаты, полученные отечественными и зарубежными исследо-

вателями, способности проводить самостоятельные исследования в соответствии с разработанной программой и способности готовить аналитические материалы для оценки мероприятий.

Использование в рамках курса вышеперечисленных элементов и ресурсов способно только частично обеспечить владение магистрантами перечисленными компетенциями. В своей работе М.Г. Гилярова выделяет существенные преимущества дистанционной формы обучения:

- отсутствие территориальных границ;
- достаточно лишь наличие бесперебойного доступа в Интернет;
- одновременное обучение неограниченного количества обучающихся;
- привлечение преподавателей к сотрудничеству без очного присутствия в вузе;
- отсутствие субъективности в оценке знаний обучающегося;
- индивидуальный подход к каждому обучающемуся;
- возможность общения в онлайн- и офлайн-режимах;
- формирование ключевых компетенций у обучающихся в части информационной культуры;
- возможность обучающемуся в любое удобное время в рамках курса изучать и выполнять задания;
- возможность достижения обучающимся высокого уровня самостоятельности в изучении материалов курса;
- возможность использования в рамках курса не только текстов, но и презентаций, аудио, видеоресурсов [4].

Несомненно, идеальным вариантом реализации дисциплины является смешанное обучение. Эта форма более гибкая и позволяет существенно сократить время очного занятия за счет предварительной подготовки в дистанционной форме. Главным барьером для успешной реализации курса в асинхронной дистанционной форме обучения является отсутствие живого общения между обучающим и обучаемым, магистрант не может онлайн задать вопрос и получить на него своевременный ответ, сконцентрированность внимания обучающегося недостаточно высока, а также недостаточно представлен инструментарий, способствующий самоконтролю полученных знаний.

Очень важно при использовании дистанционных технологий как в смешанном, так и в чисто дистанционном обучении включать в курсы элементы геймификации и симуляции. Геймификация – это решение реальных прикладных задач с использованием игровых элементов, инструментов и ситуаций. Геймификация в обучении обладает следующими признаками функционирования:

- игровая механика – это механизм работы игры, структура процессов, правила, соответствие контенту курса;
- создание условий для достижения поставленной перед обучающимся цели;
- интерактивность и степень вовлеченности – игра должна учитывать набор возможных действий и решений игрока; содержать систему вознаграждений обучающихся за достижение обозначенных целей и набор необходимого количества баллов; задачи, стоящие перед обучающимся, должны иметь разный уровень сложности;
- допустимость в системе «права на ошибку» – предоставление обучающемуся нескольких попыток прохождения сценария, наличие обратной связи на каждом этапе прохождения задания;
- применение инструментария ранжирования и создания рейтинга, который позволит продемонстрировать уровень и своевременность достижения поставленных учебных целей;
- согласованность внутренней мотивации и внешних вознаграждений, при этом не надо забывать, что главная мотивация обучающегося – это его внутренняя потребность узнавать что-то новое, используя для этого различные инструменты [5].

Симуляция – это интерактивная имитация различных действий, которые обучающийся бы реализовал, будучи в реальных практических условиях, другими словами, виртуальный помощник в онлайн-образовании.

Останавливаясь на предлагаемых в настоящем исследовании инновациях, необходимых для дополнения существующих дистанционных курсов, следует отметить, что в части обучающих ресурсов в электронный учебный курс необходимо внедрять симуляторы по типу видеолекций, которые будут сформированы по принципу «смотри и действуй». Этот принцип будет работать за счет добавления в ролик скринкаст подсказок, так программный продукт iSpring Suite позволяет записывать ролик с экрана компьютера, когда ресурсы на экране преобразуются в интерактивную видеостудию. Скринкаст – это аналог вебинара, с отличием лишь в том, что запись ролика осуществляется с экрана компьютера с закадровой озвучкой. Оптимальная продолжительность видеолекции не должна превышать 7–10 минут, иначе усвояемость материала будет недостаточно высока.

Кроме того, в формате применения дистанционных образовательный технологий в содержательной части курса возможно предусмотреть ссылку на доступ в электронные библиотеки, либо создание в курсе библиотек литературы, нормативных актов по курсу и статистических данных для использования их в выполнении практических кейсов, что как раз и позволит магистранту приобрести навыки проведения самостоятельных исследований.

Для целей более эффективного выполнения практических заданий и обеспечения самоконтроля в рамках реализации электронного учебного курса предлагаем применять симулятор, позволяющий обучаемому попробовать себя в диалоге с собеседником по теме. При этом делая ошибки в процессе обучения, обучающий может предложить, а обучаемый апробировать различные сценарии своего поведения в альтернативных сценариях и анализировать последствия своих действий. Этот инструмент – диалоговый тренажер, другими словами, интерактивное асинхронное упражнение, которое, по сути, копирует диалог с преподавателем, помогая отработать навыки публичной речи без риска ошибиться. Основное преимущество этого инструмента – разветвленный сюжет, в результате которого обучающийся будет сталкиваться с различными ситуациями, эмоциями и комментариями интерактивного помощника преподавателя. Кстати, используя возможности библиотеки iSpringer, диалоги проводятся в различных помещениях, а в качестве собеседника можно привлекать персонажей разного пола, разного возраста, разного социального уровня, которые будут общаться с магистрантом и показывать обучающемуся различные эмоции (рисунок).

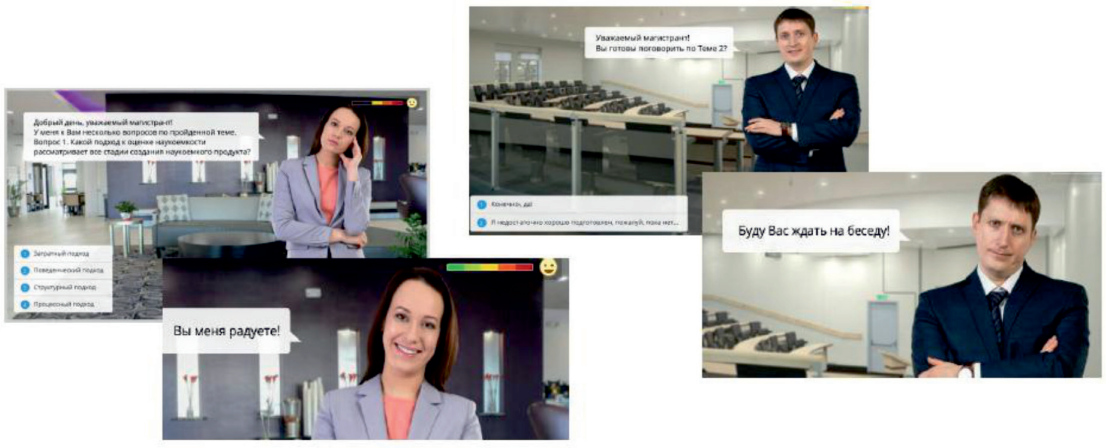
Диалоговый тренажер может быть использован как для самоконтроля, т.е. ответы обучающихся не будут давать им никаких баллов, так и для контроля преподавателем – присвоение баллов за правильные ответы.

Диалоговые тренажеры классифицируют на два типа:

1. Простые тренажеры помогают проверить или отработать один навык, например, алгоритм работы с возражениями. Такое упражнение можно разместить в курсе после блока теории, чтобы закрепить материал.

2. Сложные тренажеры моделируют сразу несколько навыков. Например, курс по проведению встречи с клиентом может быть одним большим тренажером, где учащийся отрабатывает разные техники: установление контакта, выявление потребностей, презентация, работа с возражениями и завершение сделки [6].

При реализации магистерской программы в составе онлайн-курса целесообразно применять сложные тренажеры, которые кроме навыков коммуникации будут формировать профессиональные компетенции в части научно-исследовательской, проектно-экономической и аналитической деятельности, так как будут предполагать выполнение кейс-задания, в котором необходимо выбрать альтернативный сценарий развития исследуемой системы, проанализировав дополнительный материал по теме (в том числе найти его в имеющейся в курсе библиотеке), произведя расчеты на основании статистических данных, разработав рекомендации по результатам кейс-задания.



Скриншоты некоторых слайдов диалоговых тренажеров

Кроме вышеупомянутых ресурсов и инструментов, в части формирования компетенций в проектно-экономической (к примеру, способности самостоятельно разрабатывать проектные решения с учетом фактора неопределенности) и организационно-управленческой деятельности (к примеру, способности разрабатывать управленческие решения). Веб-квест – это вид проблемного группового задания в форме ролевой игры, где формируются общепрофессиональные компетенции в части руководства коллективом и готовности к коммуникациям.

В современной литературе представлено множество интересных инструментов контроллинга, направленных на оценку уровня знаний в рамках электронных форматов онлайн-обучения. По мнению автора, что одним из наиболее востребованных является такой инструмент геймификации в дистанционном обучении, как мини-игры. По сути, это тестирование в виде игры. Есть портал, на нем есть рейтинг участников, при этом обучающийся может выбрать уровень сложности и пройти его, результаты при этом сохраняются в системе, рейтинг при этом обновляется [7].

Таким образом, при подготовке к запуску электронного учебного курса преподавателю – автору курса необходимо быть максимально ориентированным на формирование заинтересованности обучающегося, создание структуры и сценария курса, способствующего освоению магистрантом ключевых компетенций по программе, включать инструменты практической апробации приобретенных им навыков.

Статья подготовлена в рамках проекта-победителя Грантового конкурса Стипендиальной программы Владимира Потанина 2016/2017.

Список литературы

1. Кларин М.В. Инновации в обучении. Метафоры и модели / М.В. Кларин. – М.: Наука, 1997. – 398 с.

2. Дистанционное обучение в вузе / С.Н. Водолад [и др.] // Ученые записки. Электронный научный журнал Курского государственного университета. – 2010. – № 1 (13). URL: https://cyberleninka.ru/article/n/distantsionnoe-obuchenie-v-vuze (дата обращения: 09.03.2018).

3. Проектирование и разработка дистанционного учебного курса в среде Moodle 2.7: учебно-методическое пособие / Н.П. Клейносова, Э.А. Кадырова, И.А. Телков, Р.В. Хруничев. – Рязань: Издательство РГРТУ, 2015. – 160 с.

4. Гилярова М.Г. Дидактические принципы электронного обучения как педагогическая основа для дистанционного образования / М.Г. Гилярова // Электронный научно-практический журнал «Молодежный научный вестник». – 2016. – № 8. URL: http://www.mnvnauka.ru /%E2%84%968-%D0%B0%D0%B2%D0%B3%D1%83%D1%81%D1%82-2016 (дата обращения: 08.03.2018).

5. Почему геймификация работает и как ее использовать в обучении? iSpringer: программа для организации дистанционного обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ispring.ru/elearning-insights/geymifikatsiya-i-kak-primenit-ee-v-elektronnom-obuchenii/ (дата обращения: 08.03.2018).

6. Диалоговый тренажер в онлайн-курсе. iSpringer: программа для организации дистанционного обучения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.ispring.ru/elearning-insights/dialogovyiy-trenazher-v-online-kurse/ (дата обращения: 08.03.18).

7. Тихомирова Е. Живое обучение: что такое e-learning и как заставить его работать / Е. Тихомирова. – М.: Альпина Паблишер, 2016. – 238 с.

УДК 372.891

СОДЕРЖАТЕЛЬНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ФОРМИРОВАНИЯ ЭКОНОМИКО-ГЕОГРАФИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ШКОЛ НА УРОКАХ ГЕОГРАФИИ

Хаялеева А.Д., Гилемханов И.Р., Гайсин Р.И.

ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Казань, e-mail: camat185@mail.ru

В данной статье рассматриваются содержательно-методические аспекты формирования экономико-географической компетентности обучающихся школ на уроках географии. В настоящее время в условиях современной школы методика обучения переживает сложный период, связанный с изменением целей образования, внедрением ФГОС нового поколения, построенного на системно-деятельностном подходе. Ориентация школьного географического образования на компетентностный подход предполагает изменение методики обучения, переход от простой передачи учебной информации к методике, направленной на формирование умений школьников учиться самостоятельно, обеспечивается тем, что современные учебные программы по географии должны соответствовать реальным потребностям общества. Формирование экономико-географической компетентности у обучающихся является необходимым условием современной школы. В связи с этим содержание социально-экономических разделов курса необходимо постоянно изменять и дополнять инновационными педагогическими технологиями: ГИС-технологиями, кейс-технологиями, использовать на уроках географии космические снимки и результаты дистанционного зондирования Земли, GPS-навигаторы, которые применяются при выполнении практических работ на местности. На уроке следует использовать статистические материалы, содержащие экономическую информацию, предлагать анализировать статьи, отвечать самостоятельно на вопросы, делать обобщение и выводы. Разумное экономико-географическое образование является основой правильного миропонимания и организации эффективного взаимодействия обучающихся с окружающей средой.

Ключевые слова: компетенция, компетентность, экономическая география, географическое образование, интеграция, учебный план, ФГОС, школа, экономика, комплексный подход

CONTENT-METHODICAL ASPECTS OF FORMATION OF ECONOMIC-GEOGRAPHICAL COMPETENCE OF TRAINING SCHOOLS AT LESSONS OF GEOGRAPHY

Khayaleeva A.D., Gilemkhanov I.R., Gaysin R.I.

Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education «Kazan (Volga region) Federal University», Kazan, e-mail: camat185@mail.ru

This article examines the main and methodological aspects of the formation of economic and geographical competence of schools in class geography. Currently, in modern schools, teaching methods are going through a difficult period due to changes in the goals of education, the introduction of a new generation of fgos, based on a system-active approach. Orientation of school geographic education to a competency-based approach involves changing teaching methods, moving from simple transfer of educational information to methods aimed at building student skills independently, is ensured by the fact that a modern educational program in geography must meet the real needs of society. The formation of economic and geographical competence of students is a necessary condition for the modern school. In this regard, the content of the socio-economic sections of the course should constantly change and be complemented by innovative pedagogical technologies: GIS technologies, thematic technologies, use in geography lessons, satellite images and remote sensing data of the Earth, GPS navigators that are used for practical work on the ground. The lesson should use statistical materials containing economic information, offer to analyze the articles, answer questions themselves, make up synthesis and conclusions. Reasonable economic and geographical education is the basis for a proper understanding of the world and the organization of effective interaction of students with the environment.

Keywords: competence, competence, economic geography, geographic education, integration, curriculum, GEF, school, economics, integrated approach

На современном этапе развития российского образования компетентностный подход рассматривается как способ достижения нового качества образования, соответствующего запросам общества. Он определяет изменения образовательного процесса и его содержания. В связи с этим школьное географическое образование постепенно переходит к новым образовательным стандартам, ориентированным на компетентностный подход, предполагающий изменение традиционной методики обучения, а именно переход от простой передачи учебной информации к методике, направленной на развитие умений школьников учиться самостоятельно. Современные учебные программы по географии должны не только определять содержание учебного предмета, но и соотносить с ним виды деятельности, необходимые для формирования системы ценностей подрастающего поколения [1]. Однако в настоящее время появилась тенденция, выражающаяся в недооценке обществом значения географическо-

го образования. В учебных планах общеобразовательных школ и педагогических вузов происходит уменьшение количества часов, предусмотренных ФГОС для изучения основных курсов физической, экономической и социальной географии. Безусловно, это приводит к отсутствию в учебном процессе в школах и вузах системности в применении инновационных педагогических технологий: геоинформационных технологий, кейс-технологий, использования на уроках географии космических снимков и результатов дистанционного зондирования Земли, GPS-навигаторов, которые можно применять при выполнении практических работ на местности [2].

Престиж географического образования зависит, прежде всего, от необходимости использования географических знаний и умений в современной жизни, чтобы обучающиеся осознали значимость дисциплины «География», необходимо совершенствовать систему географического образования, начиная со школьной ступени и заканчивая вузом. Подготовка студентов в педагогическом вузе должна быть направлена на формирование у будущих учителей профессиональной компетентности, ядром которой является способность осуществлять учебно-воспитательный процесс, направленный на реализацию предметных, метапредметных, личностных результатов обучения школьников. Предметные результаты обучения предполагают познание обучающимися системы географических знаний, способность их использования на практике для объяснения природных, социально-экономических явлений и процессов окружающей среды. Метапредметные результаты или универсальные учебные действия (познавательные, коммуникативные и регулятивные) обеспечивают формирование ключевых компетенций, составляющих основу современных требований – учиться самостоятельно. Среди них – умение ставить цель и план действия для ее достижения: осуществлять самоконтроль и самооценку, владеть мыслительными операциями [3]. Личностные результаты предполагают формирование в процессе обучения географии всесторонне развитой, образованной личности, имеющей собственные взгляды, мировоззренческие позиции и убеждения. Формирование универсальных учебных действий у школьников – одна из составляющих профессиональной компетентности учителя.

В системе школьного географического образования осуществляется процесс перехода от модели обучения к модели учения. В модели учения предполагаются иные комбинации к организации познавательной деятельности обучающихся на уроках географии, которые должны обогащаться рациональными приемами познания, умениями «находить» самостоятельно необходимую географическую информацию, оперировать ею в соответствии с познавательными задачами. Поэтому географическая информация является необходимой базой для выявления и решения проблем, возникающих в процессе взаимодействия человечества с окружающей средой, включая экономические, экологические, этнонациональные и др. Наряду с традиционными источниками информации современные информационные сети стали необходимыми средствами обучения. Сегодня образовательный процесс становится личностно-ориентированным. В школьном образовании определился компетентностный подход, целью которого является формирование ключевых компетенций: учебно-познавательных, информационно-коммуникативных, социально-трудовых, ценностно-смысловых, общекультурных. Овладение перечисленными компетенциями создает основу для саморазвития и непрерывного образования обучающихся [4].

Проблемами формирования компетентности обучающихся занимались педагоги и психологи: В.Ф. Габдулхаков, А.В. Хуторской, И.А. Зимняя и другие. В настоящее время в педагогической литературе вопросы формирования «компетентности» и «компетенции» остаются актуальными и требуют тщательного изучения [5–7].

Исследователь А.В. Габдулхакова определяет понятие «компетенция» как способность и готовность личности к продуктивному действию в определенной сфере деятельности, обеспечивающую ее интеграцию в социум и самореализацию, а «компетентность» – как интегральную характеристику личности, отражающую владение обобщенными способами действия, а также способностями и личностными качествами, обеспечивающими возможность эффективной реализации в практической деятельности своих знаний, умений и опыта творческой деятельности и эмоционально-ценностного отношения к деятельности [5].

Ключевыми компетенциями выступают компетенции широкого спектра применения, обладающие определенной универсальностью и определяющие реализацию конкретных компетенций.

Приоритетное место среди ключевых компетентностей, формирующихся при изучении географии, занимает учебно-познавательная, основанная на усвоении способов приобретения знаний из различных источ-

ников информации. Под ней понимается способность обучающихся самостоятельно осуществлять деятельность по решению познавательных задач. Это творческая работа сопровождается овладением знаний, умений по переработке полученной информации с помощью приемов мыслительной деятельности.

Школьное географическое образование – важная составляющая социального созревания, самореализации личности в социуме, адаптации к жизни в условиях рыночной экономики. Экономическую подготовку школьников следует рассматривать как процесс и результат усвоения экономических знаний и умений, формирования качеств личности, мышления, способности ориентироваться в нестабильной экономической ситуации, находить для себя сферу деятельности, руководствуясь как личными, так и общественными интересами. Системная экономическая подготовка школьников развивает творческое начало, воспитывает готовность и способность выявлять проблемы и находить нестандартные пути решения. Процесс обучения географии способствует раскрытию естественнонаучной, технико-экономической и социально-экономической основы общественного производства, охраны природы и рационального природопользования [5, 7].

В связи с этим появляется возможность выделить экономико-географическую компетентность обучающихся как интегративное качество личности, предполагающее использование полученных географических, экономических и социальных знаний, умений и навыков в повседневной практической деятельности. Формирование экономико-географической компетентности обучающихся является необходимым условием получения качественного географического образования.

Особое значение при формировании экономико-географической компетентности обучающихся приобретает методика обучения географии, задачами которой является отбор содержания географического материала, включающего основные компоненты географического образования. Методическая наука опирается на дидактические принципы: научности, системности, последовательности, непрерывности, преемственности, наглядности, учета межпредметных связей, краеведческий принцип. Ярким примером может послужить пособие В.П. Максаковского по курсу «Экономическая и социальная география мира» (10 класс), в котором выделены методические основы курса, основанные на дидактических принципах, прежде всего, это – отбор и генерализация учебного материала; обеспечение организующей роли теории по отношению к фактам; рациональное сочетание индуктивного и дедуктивного подходов познания учебного материала; системный, проблемный подход; ориентация обучающихся на самостоятельное добывание знаний и умений [8].

Можно подчеркнуть, что методические основы курса, выделенные В.П. Максаковским, соответствуют предъявляемым требованиям к результатам обучения: предметным, метапредметным, личностным требованиям, предъявляемым к результатам обучения школьников [8].

В Государственном стандарте общего образования выделены следующие содержательные линии географического образования:

а) научное знание как понятие об объективно объясняющие и отражающие все закономерности Земли;

б) природные и социальные объекты планеты, которые отражают структуру и пространственную неоднородность;

в) явления и процессы на Земле, определяющие ее жизнедеятельность;

г) духовные и материальные ценности, демонстрирующие опыт познания и существования человека в пространстве;

д) типовая структура характеристики территории [9].

Среди главных задач современной школьной экономической и социальной географии следует назвать задачу всестороннего изучения населения, в 9 классе при изучении географии России, в 10 классе при изучении географии мира. В обоих курсах изучается численность, половозрастная, социальная, конфессиональная структура населения, городское и сельское население (основные черты размещения населенных пунктов, их виды и типы в различных регионах мира), типы и черты урбанизации. Процесс преподавания географии в школе необходимо сделать более оживленным и интересным, используя современные статистические данные, геоинформационные технологии и другие средства обучения. На сегодняшний день использование ГИС-технологий в школе является важным этапом в познавании предметов, позволяющим быстро и углубленно изучить материал [2, 8]. Кроме того, данная технология имеет свойство быстрого обновления по сравнению с традиционными средствами обучения. Безусловно, умение использовать такие технологии со школьной скамьи повысит результативность обучения школьной географии.

Не менее важным для формировании экономико-географической компетентности

у учащихся, а также качественного усвоения учебного материала является использование межпредметных связей. Большинство экономико-географических понятий не могут быть усвоены школьниками без элементарных знаний по обществознанию, экономике, физике, химии, математике и другим предметам. Роль межпредметных связей в повышении качества экономико-географических знаний и умений школьников важна особенно при усвоении понятий, представлений, установлении причинно-следственных связей и понимании мировоззренческих идей. В этой связи в преподавании географии особое место должны занимать комплексные географические практикумы, семинары, конференции. Практикум в обучении географии следует рассматривать в самом широком аспекте, как систему практических работ со статистическим материалом, с презентацией, с картой, рисунками, таблицами и др. В основе этих работ должна лежать самостоятельная деятельность, направленная на решение географических задач, в первую очередь геоэкономического и геоэкологического содержания [10].

В условиях модернизации образования приоритетными направлениями развития школьной географии, по мнению В.Д. Сухорукова, являются такие процессы, как гуманизация, экономизация, гуманитаризация, социологизация, глобализация и др. [11]. Социологизация школьной географии ярко выражена в общественной жизни. Тенденция развития этого направления заключается в введении материалов социального характера, раскрывающих особенности жизнедеятельности населения и его структурные характеристики. Особенностью экономизации в обществе считается не только изучение общих экономических параметров, экономических методов, экономических расчетов, но и полное представление о рациональном расслоении социума. С помощью познаний в сфере экономики общество может удовлетворять свои потребности в условиях современной рыночной экономики, для этого необходимо опираться на систему государственных законов, которые отражают современные требования социально-экономической политики государства.

В процессе изучения социально-экономической географии школьники знакомятся с особенностями процессов глобализации, которые проявляются на всех уровнях социально-экономического развития; самостоятельно анализируют любую экономическую, политическую и социальную информацию; оценивают экономическую ситуацию с использованием ГИС [2]. В условиях рыночных отношений в общеобразовательных школах и гимназиях необходимо увеличить количество часов в учебных планах на преподавание дисциплины географии, усовершенствовать методику обучения дисциплины. Школьная география позволяет овладеть на должном уровне познаниями и опытом, а также становится все более востребованной наукой в современном мире.

Отсутствие комплексного подхода при изучении школьной географии приводит к разрыву в содержательном и методологическом аспекте между физической и экономической (общественной) географией, которое отражается в содержании школьного курса. Для дальнейшего развития методологических основ географии желательно углубленное исследование ее объектно-предметной сущности, а также процессов формирования метагеографии как мощных интеграторов частных географических дисциплин. Не теряют своей актуальности поисковые исследования пространственно-временных систем, общегеографических законов, подходов, принципов и методов [4].

Анализируя содержание современного курса школьной социальной и экономической географии в 9–10 классах, отметим, что особое внимание уделяется вопросам региональной экономики и экономико-географическим особенностям конкретных территорий, для которых актуальным является изучение географии с использованием краеведческого принципа, способствующее решению задач социальной адаптации воспитанников школы, формированию у них готовности жить, участвовать в жизни родного края, социально-экономическом и культурном обновлении.

Как показывает проведенное исследование, уровень усвоения знаний у учащихся на уроках географии в 9-х и 10-х классах экспериментальных групп с использованием инновационных педагогических технологий выше на 27%, чем в контрольных группах аналогичного возрастного периода.

В заключение можно отметить, что ведущие направления географического образования: глобализация, экономизация, социологизация – способствуют формированию научного мировоззрения школьников. В связи с этим география как дисциплина естественного цикла носит мировоззренческий характер, что, в свою очередь, способствует необходимости повышения количества часов в учебных планах на дисциплину «География».

В последние годы в условиях современной экономики экономическая и социальная география претерпели существенные

изменения. Поэтому содержание социально-экономических разделов курса необходимо постоянно изменять, дополнять в соответствии с существующими изменениями в обществе. Школьный курс экономической и социальной географии России, основываясь на знаниях о природных условиях и природных ресурсах страны, ставит целью вооружить обучающихся знаниями о населении и трудовых ресурсах, особенностях хозяйства страны, его структуры, закономерностях развития и размещения производства. На уроках географии следует использовать статьи, статистические материалы, содержащие социально-экономическую информацию, анализировать современную географическую литературу, статьи, отвечать самостоятельно на вопросы географии современного мира, делать обобщения и выводы.

Формирование экономико-географической компетентности обучающихся способствует пониманию реального мира в форме пространственных образов и понятий, что имеет большое значение в образовательном процессе. Повышение роли географии, и особенно общественной географии, в образовании позволяет формировать человека-мыслителя, обладающего навыками и приемами созидательной деятельности. Разумное экономико-географическое образование является основой правильного миропонимания и организации эффективного взаимодействия обучающихся с окружающей средой.

Список литературы

1. Кондаков А.М. Концепция федеральных государственных образовательных стандартов общего образования (проект). 2-е изд. / А.М. Кондаков, А.А. Кузнецова. – М.: Просвещение, 2009. – 35 с.

2. Кудрявцева Н.В. ГИС-технологии как инновационное средство развития географического образования // Использование инновационных образовательных технологий в учебном процессе на основе деятельностного подхода: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Наб. Челны: «Радуга», 2016. – С. 9–10.

3. Галиева Г.М. Формирование экологической компетентности учащихся в процессе изучения естественнонаучных дисциплин на основе информационных технологий: автореф. дис. … канд. пед. наук. – Йошкар-Ола, 2011. – 23 с.

4. Казаева Ю.А. Концепция модернизации содержания и технологий обучения учебному предмету «География» в соответствии с требованиями ФГОС ОО // Использование инновационных образовательных технологий в учебном процессе на основе деятельностного подхода: материалы Всероссийской научно-практической конференции. – Наб. Челны: «Радуга», 2016. – С. 10–13.

5. Габдулхакова А.В. Формирование экологической компетентности учащихся на уроках географии (в 6–9 классах средней школы) / А.В. Габдулхакова. – М.: Московский психолого-социальный ун-т; Казань: Казанский (Приволжский) федеральный университет, 2014. – 164 с.

6. Хуторский А.В. Определение общепредметного содержания и ключевых компетенций как характеристика нового подхода к конструированию образовательных стандартов: сб. науч. тр. / под ред. А.В. Хуторского. – М.: Научно-внедренческое предприятие «ИНЭК», 2007. – С. 18–20.

7. Зимняя И.А. Компетенция и компетентность в контексте компетентностного подхода в образовании / И.А. Зимняя // Иностранный язык в школе. – 2012. – № 6. – С. 2–10.

8. Максаковский В.П. Методическое пособие по экономической и социальной географии мира / В.П. Максаковский. – М.: Просвещение, 1994. – 141 с.

9. Бекетова С.И. Формирование научного мировоззрения школьников средних классов в процессе изучении географии / С.И. Бекетова, Р.И. Гайсин. – Казань: Отечество, 2012. – 242 с.

10. Гайсин И.Т. Формирование эколого-географической культуры старшеклассников на основе интеграции историко-обществоведческого и географического образования / И.Т. Гайсин, И.И. Фазылзянова // Современные исследования социальных проблем. – 2011. – № 3(07). – С. 75–89.

11. Сухоруков В.Д. Приоритеты современного школьного географического образования / В.Д. Сухоруков // География в школе. – 2011. – № 3. – С. 37–43.

УДК 372.881.116.1

ОСНОВНЫЕ ПУТИ РАБОТЫ С ОБЩЕУПОТРЕБИТЕЛЬНОЙ И СПЕЦИАЛЬНОЙ ЛЕКСИКОЙ НА ЗАНЯТИЯХ ПО РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ ПРИ ОБУЧЕНИИ ИНОСТРАННЫХ ВОЕННОСЛУЖАЩИХ

Чевела О.В., Федотова С.И.

ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, Казань, e-mail: olga-chevela@mail.ru, smerechina@mail.ru

Статья посвящается вопросам сравнительного анализа военных терминов в различных языковых системах. Применение данного метода способствует уясненению общеязыковых закономерностей, лежащих в основе создания терминологической системы, более глубокому и осмысленному овладению учащимися терминологией на неродном языке. Авторы рассматривают случаи положительного переноса и интерференции при использовании интернационализмов в составе русской военной терминологии, отмечают случаи недодифференциации на лексико-семантическом уровне. Цель работы заключается в описании способов семантизации лексических единиц и представлении характерных моделей словообразования, необходимых при знакомстве с общенаучной и специальной лексикой на занятиях по русскому языку как иностранному. В статье представлены основные этапы работы с лексическими единицами, выявлены типичные ошибки в речи иностранных военнослужащих, даны рекомендации для преодоления языковых трудностей. При анализе ключевых моментов в работе с терминологической лексикой на занятиях по русскому языку как иностранному рассмотрены различные способы семантизации (толкование и словообразовательный анализ, семантизирующий контекст и др.) и указаны возможные типы упражнений (замена выделенных слов и словосочетаний синонимичными, перевод, составление словосочетаний и т.д.). В заключение указано, что использование сопоставительного анализа при обучении языку специальности оказывает влияние на подбор, организацию, способ и последовательность предъявления лексического материала, позволяет спрогнозировать возможные трудности в процессе его усвоения, осмыслить причины появления типичных ошибок в речи иностранных военнослужащих (ИВС) и найти адекватные способы их устранения.

Ключевые слова: сопоставительный подход, межъязыковая интерференция, положительный перенос, перевод

BASIC WAYS OF WORK WITH CURRENT AND SPECIAL WORDS ON LESSONS ON RUSSIAN AS FOREIGN AT EDUCATING FOREIGN MILITARY PERSONNEL

Chevela O.V., Fedotova S.I.

The State Budget Educational Institution of Higher Professional Education «Kazan State Medical University» of the Ministry of Health of Russian Federation, Kazan, e-mail: olga-chevela@mail.ru, smerechina@mail.ru

Article is devoted to questions of the comparative analysis of military terms in various language systems. Application of this method promotes an understanding of the common-language regularities which are the cornerstone of creation of terms, deeper and intelligent mastering pupils terminology in nonnative language. Authors consider cases of positive transfer and an interference when using internatsionalizm as a part of the Russian military terminology, undistinction cases at the lexico-semantic level. The aim of the work is to describe the ways of semantizing lexical units and to present the characteristic models of word formation necessary for acquaintance with general scientific and special vocabulary in the class in Russian as a foreign language.The main stages of work with lexical units are presented in article, typical mistakes in the speech of the foreign military personnel are revealed, recommendations for overcoming language difficulty are made. By consideration of the key moments in work with terminological lexicon on Russian occupations as foreign various ways of a semantization are presented (interpretation, word-formation analysis, etc.). In conclusion, it is pointed out that the use of comparative analysis in the teaching of the specialty language influences the selection, organization, method and sequence of presentation of lexical material, allows to predict possible difficulties in the process of its assimilation, to comprehend the causes of typical errors in the speech of foreign servicemen and to find adequate ways to eliminate them.

Keywords: comparable approach, interlingual interference, positive transfer, translation

В эпоху глобализации и научно-технического прогресса терминология играет ключевую роль в различных сферах профессиональной деятельности. Выработка эффективных методов и приемов изучения общенаучной и военно-специальной терминологии на занятиях по РКИ в военном вузе способствует формированию речевой профессиональной компетенции, повышает эффективность усвоения учебного материала и облегчает выход в профессиональную коммуникацию на неродном языке [1; 2].

В последнее время лексическая семантика становится одним из приоритетных направлений лингвистических исследований. Вопросы учета родного языка учащихся при обучении русской лексике неоднократно привлекали внимание специалистов [3; 4]. Одним из перспективных направлений научных исследований является сравни-

тельный анализ терминологических единиц в различных языковых системах [5; 6].

Цель работы – описать способы семантизации лексических единиц, характерные модели словообразования при знакомстве с военной терминологией в иностранной аудитории и представить методы и приемы работы с общенаучной и специальной лексикой.

В практике преподавания русского языка как иностранного лексика требует такого же системного представления, как и грамматика, так как именно на лексическом уровне языка можно встретить больше непредсказуемых случаев интерференции, чем предполагаемых. Следует системно вводить лексический материал, организованный в тематические и лексико-семантические группы. Сопоставительный анализ позволяет выявить сходства и различия в использовании лексических средств в различных языковых системах. Основой для положительного переноса может служить наличие заимствованной лексики. Так, наличие интернационализмов в составе русской военной терминологии облегчает усвоение лексического материала при работе с ИВС, владеющими одним из европейских языков (английским, испанским, португальским). В то же время наличие интернационализмов в обеих языковых системах часто приводит к функционированию интернациональных и заимствованных лексем в русской речи ИВС с сохранением их звукового и орфографического оформления в родном языке учащихся.

При знакомстве с интернациональной лексикой трудности часто обусловлены несовпадением объемов понятий соотносимых лексем. Так, в испанском языке лексемы *problema, profesor; constructor* и др. функционируют с более широким значением, чем их эквиваленты в русском языке – *проблема, профессор, конструктор*. Кроме того, различные семы многозначных слов распределены между различными русскими аналогами – *проблема* и *задача*, *профессор* и *преподаватель*, *конструктор* и *строитель*. Часто общеупотребительным словам и терминологическим единицам в родном языке учащихся соответствуют одна лексическая единица, например, рус. *занять и оккупировать* – исп. *ocupar,* рус. *произведение, продукты, продукция* – исп. producto. Не совпадают объемы понятий у исп. *carta «письмо»* и рус. *карта.*

Часто ошибки в русской речи иностранных курсантов обусловлены недодифференциацией на лексико-семантическом уровне в родном языке учащихся. Так, ряд слов в испанском языке функционирует с более широким лексическим значением, чем их эквиваленты в русском языке: *estudiar «1. изучать; 2. учиться; 3. исследовать»; profesor «1. преподаватель; 2. профессор»; ir «1.ехать; 2. идти»; querer «1. любить; 2. хотеть», ensenanza «1. образование; 2. обучение»*. Нейтрализация лексических корреляций русских соответствий может привести к использованию только одной из лексем, например: «я *изучаю* на подготовительном факультете». Не совпадает объем понятий и у ряда эквивалентов в русском и арабском языках: *ealima «1. знать; 2. уметь; amila «1. делать; 2. работать»; batal «1. герой; чемпион*». Это также вызывает характерные ошибки в речи обучаемых: «*я знаю готовить*»; «*чемпион, который боролся за освобождение нашей Родины*».

Случаи недодифференциации характерны и для армянского языка, что приводит к ошибкам в русской речи армянских курсантов: арм. nahak «стража, конвой», «сторож, охрана»; dzor «ущелье», «овраг»; charkh «ряд», «строй», что нередко сопровождается и словообразовательной омонимией: charkhajin «рядовой», «строевой». Лексическая недодифференциация в родном языке может вызвать интерференцию при обучении языку специальности, например отсутствие разграничения родового и видового понятий: hanoth «пушка», «орудие».

Особенности родного языка учащихся должны учитываться и при разработке соответствующей системы упражнений. Следует больше работать над лексической сочетаемостью каждого из русских эквивалентов, постоянно обращая внимание на употребление слова в контексте.

Возможные типы упражнений.

1. Упражнения на лексическую сочетаемость.

К данным словам подберите однокоренные (рядом, рядовой, строиться, построение, строевой). Составьте с ними словосочетания.

2. Упражнения на контекстное употребление.

Писатель – пишущий – автор.

1. В конце зала сидел человек и что-то быстро писал. К ….человеку подошла девушка с книгой в руках. Позже мы узнали, что это известный…..

2. В газете опубликована интересная статья. ….статьи – известный писатель.

Один из центральных этапов работы с лексическими единицами – объяснение их содержания, или семантизация. Последовательность использования способов семантизации или предпочтительность использования того или иного способа зависит от многих факторов: характера самого слова;

уровня знания русского языка, этапа и цели обучения. Рассмотрим способы семантизации, использующиеся на различных этапах обучения.

Перевод как способ семантизации лексических единиц используется на различных этапах обучения. Иногда это единственный способ объяснить значения лексем, которые невозможно семантизировать другим способом. Перевод не является универсальным средством, так как в русском языке есть лакунарные единицы, не имеющие эквивалента в других языках, а объемы многозначных слов часто не совпадают.

На начальном этапе обучения перевод часто используется в целях проверки понимания семантики новых лексических единиц и контроля усвоения новой лексики. С помощью перевода на родной язык учащихся целесообразно семантизировать терминологические единицы, в частности на среднем этапе обучения при изучении языка специальности, когда курсанты знакомятся с общенаучной и специальной терминологией.

Работая с терминологической лексикой, следует исходить из положения о том, что общеязыковая семантика должна быть усвоена в полном объеме: магазин «помещение для торговли чем-н.» и магазин «коробка для вкладывания патронов»; очередь «порядок в следовании»; и *очередь «определенное количество патронов, выпущенное в один прием»*. Между тем часто курсантам на среднем этапе обучения еще неизвестны значения слов общего языка, послуживших основой для соответствующих терминов. Например, *сноп «связка сжатых колосьев»* и *сноп «излучение в виде лучей, искр, исходящих из одного центра»; люлька «детская колыбель» и люлька «подвижная часть артиллерийского орудия»*. В данном случае оптимальным способом семантизации будет перевод на родной язык обучаемых с последующей работой над лексической сочетаемостью, употреблением слова в контексте, межстилевыми сопоставлениями терминов и слов общего языка, послуживших для них основой: В *магазине можно купить разные продукты. В комплект автомата Калашникова входит сумка для магазинов.*

Общность многих символов и метафор также облегчает усвоение неродного языка во всей его полноте, срв. символическое уподобление битвы жатве: поле – поле боя, арм. dacht; косить врага – косить траву, арм. hndzel. От сходных явлений в сопоставляемых языковых системах следует отталкиваться в том случае, когда наблюдается несовпадение внутренней формы: завязаться (начаться), завязка (начало) боя.

Терминологизация общеупотребительной лексики сопровождается утратой семантических связей с однокоренными словами, например, *корень – подкоренное (выражение*); *пояс – поясок (снаряда*); *ствол – стволь*ная (коробка); влечет за собой изменение словообразовательных связей: *1) огонь – огненный; 2) огонь – огневой*.

Изменяются и лексико-грамматические характеристики слова. Так, слово *огонь* в терминологизированном значении не имеет парадигмы множественного числа.

Совпадение внутренней формы слов в различных терминосистемах свидетельствует о том, что они являются семантическими кальками, заимствованными из общего источника: *волна – электромагнитная волна,* исп. *onda, корень (дерева) – корень (слова) – квадратный корень,* исп. *raiz.* Несовпадение внутренней формы слов, входящих в сопоставляемые терминосистемы, составляет национально-культурную специфику каждого из языков. Так, не совпадает внутренняя форма рус. *очаг* (землетрясения) и его испанского соответствия *epicentro* (срв. эпицентр). В данном случае особое внимание надо уделять работе над объемом лексического значения слова в русском языке.

Многие военные термины, вошедшие в русский язык из европейских языков, в родном языке учащихся не заимствуются, а переводятся по смыслу. Лексическая недодифференциация в родном языке приводит к ложному отождествлению семантики различных русских терминов. В данном случае необходимо особое внимание уделить работе над лексической сочетаемостью и гипонимо-гиперонимическими отношениями.

Словообразовательный анализ является эффективным способом семантизации сложных слов уже на начальном этапе обучения, когда курсанты осваивают нейтральную лексику. При подборе производящей основы обращается внимание на зависимость соединительного гласного от характера основы первого компонента сложения. На среднем этапе обучения эта работа продолжается на материале общенаучной и военно-специальной терминологии. Как правило, специальные термины создаются по тем же моделям, что и слова общелитературного языка. Следует рассматривать терминологическую лексику в системе, особое внимание уделяя явлениям регулярности и мотивированности, что позволяет выработать у учащихся навыки самостоятельной семантизации специальной лексики. Коммуникативный подход в обучении языку специальности предполагает обращение в первую очередь к наиболее продук-

тивным словообразовательным моделям. Последующая работа предполагает переход от синтагматических отношений к парадигматическим, где наиболее частотные компоненты сложных слов можно дать списком с приведением перевода [7].

Подбор мотивирующей основы является эффективным способом семантизации при анализе композитов, получивших широкое распространение в общенаучной и военно-специальной терминологии: *прямолинейное, криволинейное, скорострельность, дальнобойнойсть, гладкоствольный, бронебойный, общевойсковой* и т.д. Следует рассматривать сложные слова в системе, заменяя механическое запоминание осваиванием их на базе определенного словообразовательного типа.

Подбор мотивирующей основы целесообразен и для семантизации дериватов (*казематная – каземат, нарезная – нарез, ствольная – ствол, воздушная – воздух* и т.д.), а также прилагательных и наречий, образованных при помощи префиксов ***не-*** и *без-: безоткатное (орудие), безопасный, безоружный*. В некоторых случаях можно продемонстрировать словообразовательную цепочку: *заряд – заряжать – заряжание*. Овладение продуктивными словообразовательными моделями как схемой образования производных значительно облегчает и ускоряет понимание незнакомых слов.

В методических целях при знакомстве с основами словообразования необходимо также учитывать особенности родного языка учащихся. Этот прием будет особенно эффективен в том случае, если в родном языке иностранных военнослужащих сложным терминам соответствуют терминологические словосочетания. Например: *теплопроводность* – исп. *conductibilidad termica, термоустойчивость* – исп. *estabilidad termica.* Наиболее употребительные аффиксы в русском языке и соответствующие им в родном языке учащихся могут быть представлены в виде таблицы.

Существенное влияние на формирование лексического значения производных оказывают суффиксы. Это зависит как от четкости словообразовательного значения суффиксов, так и от характера производящей основы. Производящее может влиять также и на стилистическую окраску суффиксального производного, что вызывает определенные трудности у иностранных военнослужащих. Значения, передаваемые в родном языке учащихся нерасчлененно формой синкретичного имени, в русском языке могут быть оформлены при помощи различных словообразовательных аффиксов. Например, исп. *unidad* – рус. *единица, единство*; исп. *inercia* – рус. инерция, инертность; араб. *bina* – рус. *стройка, строительство, строение;* араб. *katib* – рус. *автор, писатель, пишущий; арм. zenkorakan «воинский», «военный».* Часто нерасчлененно передаются значения процесса действия и результата, однократности и многократности действия, например *krakoc «выстрел», «стрельба».*

Затруднения вызывает понимание слов, сходных по наличию у них одинаковой основы, но отличающихся по словообразовательным элементам. При формировании навыков самостоятельной семантизации дериватов особое внимание следует уделять роли контекста, подбору синонимов к каждому из производных слов, упражнениям на лексическую сочетаемость.

Трудности у иностранных военнослужащих вызывает разграничение однокоренных слов, образованных по разным словообразовательным моделям: *дымовой – дымный; передовой – передний, стальной – сталистый.* Необходима постоянная работа над лексической сочетаемостью подобных терминов.

Возможные типы упражнений:

1. Замените выделенные слова и словосочетания синонимичными:

В очаге ярко горел огонь. Артиллеристы открыли огонь по врагу. Дом был охвачен огнем.

2. Проведите словообразовательный анализ следующих слов: огнеопасный, огнестрельный, огнеприпасы, огнестойкий.

3. Составьте словосочетания с прилагательными, используя слова, данные в скобках:

а) *дымовой, дымный (порох, завеса);*

б) *огневой, огненный (столб, рубеж, средства, закат, средства*).

4. Прочитайте предложения. Укажите значения слова *сноп* в контексте. Определите, к какому функциональному стилю относятся данные предложения.

1. В поле убирали хлеб и вязали его в *снопы.* 2. Совокупность всех траекторий, которые могут быть получены при стрельбе из орудия в трудных условиях, называется *снопом* траекторий.

При апробации данных упражнений на занятиях по РКИ с иностранными военнослужащими (ИВС) были устранены сложности в понимании специальных терминов, а также отмечены различия в употреблении омонимичных и паронимических пар.

Использование сопоставительного анализа при обучении языку специальности оказывает влияние на подбор, организацию, способ и последовательность предъявления лексического материала, позволя-

ет спрогнозировать возможные трудности в процессе его усвоения, осмыслить причины появления типичных ошибок в речи иностранных военнослужащих и найти адекватные способы их устранения. Применение данного метода способствует уяснению общеязыковых закономерностей, лежащих в основе создания терминов, более глубокому и осмысленному овладению ИВС терминологией на неродном языке и активизации использования терминологической лексики в сфере профессиональной коммуникации.

Список литературы

1. Костерина Э.В. Специфика обучения русскому языку иностранных военнослужащих на основных курсах вуза инженерно-технического профиля // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Педагогика. – 2016. – № 1. – С. 59–67.

2. Шашок Л.А. Некоторые характерные особенности обучения иностранных военнослужащих русскому языку как иностранному // Молодой ученый. – 2017. – № 37. – С. 124–126.

3. Чевела О.В., Федотова С.И., Никитюк В.П. К вопросу о преодолении языковой интерференции при обучении русскому языку как иностранному // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 1. – С. 154–158.

4. Ибрагимова Л.Г., Светлова Р.М. Типы фонетических ошибок студентов на начальном этапе обучения русскому языку как иностранному: опыт преподавания // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 2–3. – С. 491–494.

5. Алимов В.В. Специальный перевод и лингвистическая интерференция. – М.: МОСУ, 2003. – 134 с.

6. Крысенко Т.В., Суханова Т.Е. О научной терминологии на занятиях по русскому языку как иностранному // Актуальные проблемы германистики, романистики и русистики. – 2014. – № 2. – С. 67–73.

7. Чевела О.В., Федотова С.И., Аликова Е.А. Использование словообразовательного анализа при обучении естественнонаучной терминологии иностранных студентов-медиков // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 6–2. – С. 432–435.

УДК 796.325

ПУТИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИХ УМЕНИЙ СТУДЕНТОК-ВОЛЕЙБОЛИСТОК ПРИ ИГРЕ В НАПАДЕНИИ

[1]Эртман Ю.Н., [2]Гераськин А.А., [1]Аверьянов И.В.

[1]Сибирский государственный университет физической культуры и спорта, Омск, e-mail: trener-ertmann@inbox.ru;

[2]Омский государственный технический университет, Омск

В современном волейболе предъявляются высокие требования к технико-тактической подготовленности играющих, уровень развития которой в значительной мере определяет результаты состязаний. Характерно это и для студенческих команд, являющихся ближайшим резервом команд мастеров. Преимущество нападения над действиями защиты должно поддерживаться усилиями игроков и тренеров, в содружестве со специалистами спортивной науки. Результативность нападающих действий возможна благодаря достаточной технической подготовленности игроков, для выполнения тактического замысла тренера. Для поддержания результативности игры волейболисток важное значение имеет сохранение преимущества нападения над действиями защиты, которое должно поддерживаться усилиями тренеров и спортсменок, в содружестве со специалистами спортивной науки. В процессе совершенствования подготовленности волейболисток предпринималось развитие быстроты перемещений, прыжковой выносливости, быстроты и надёжности выполнения игровых приёмов нападения, в последовательно усложняемых условиях деятельности. В ходе тренировки применялись разнообразные упражнения для развития сосредоточенности, распределения, переключения внимания, быстроты специфических реакций, быстроты перемещений, ориентировки в ситуациях различной сложности с использованием зрительных и звуковых сигналов. Направленно использовались средства волейбола, подвижных и спортивных игр из других видов спорта. Совершенствование игровых действий студенток-волейболисток в нападении должно носить системный характер, затрагивать разнообразные стороны подготовленности.

Ключевые слова: волейбол, атакующие действия, студенты

WAYS OF IMPROVEMENT OF TACTICAL AND TECHNICAL ABILITIES OF STUDENTS-VOLLEYBALL PLAYERS AT THE GAME IN ATTACK

[1]Ertman Yu.N., [2]Geraskin A.A., [2]Averyanov I.V.

[1]Siberian State University of Physical Culture and Sports, Omsk, e-mail: trener-ertmann@inbox.ru;

[2]Omsk State Technical University, Omsk

In modern volleyball, high demands are placed on the technical and tactical preparedness of the players, the level of development of which largely determines the results of the competitions. This is typical for student teams, which are the closest reserve teams of masters. The advantage of an attack over the actions of protection should be supported by the efforts of players and coaches, in conjunction with specialists in sports science. The effectiveness of the attacking actions is possible due to sufficient technical preparedness of the players, to fulfill the tactical plan of the coach. To maintain the effectiveness of the game of volleyball players, it is important to maintain the advantage of an attack over the actions of defense, which must be supported by the efforts of coaches and athletes, in conjunction with specialists in sports science. In the process of improving the preparedness of volleyball players, the development of the speed of movement, hopping endurance, speed and reliability of the execution of the gaming methods of attack, in consistently complicated conditions of activity was undertaken. During the training, various exercises were used to develop concentration, distribution, attention switching, the speed of specific reactions, the speed of movement, orientation in situations of varying complexity with the use of visual and audio signals. The means of volleyball, mobile and sports games from other sports have been used in a targeted way. The improvement of the game actions of female volleyball students in an attack must be of a systemic nature, affecting various aspects of preparedness.

Keywords: volleyball, attacking actions, students

К особенностям нападения в волейболе относится тот факт, что оно является началом противоборства соперников, а защита – ответом на атаку. Поэтому нападающая команда имеет возможность постоянно владеть инициативой в игре, что представляет ряд преимуществ перед защитой [1, 2]. С целью затруднения атакующих действий в волейболе периодически изменяются отдельные положения правил и методики судейства. Это, например, размещение антенн на сетке для ограничения фронта атак, ослабление требований к качеству приёма мяча с подач и нападения противника, введение в составы команд игроков амплуа либеро и т.д. С другой стороны, растёт качество индивидуальных и групповых действий блокирующих и игры защитников, что существенно затрудняет реализацию действий атакующих спортсменов [3]. Для организации блока в центральных зонах располагаются высокорослые игроки, повысилась быстрота перемещений на блоке и организация взаимодействия блокирующих, применяется групповое блокирование с участием трёх блокирующих. Игра в защите в поле

имеет также изменения, свидетельствующие о росте индивидуального мастерства и качества коллективных взаимодействий между защитниками в глубине площадки и блокирующими. Растёт мастерство игроков либеро; повышается уровень разносторонней индивидуальной подготовленности, универсализации игроков. Наблюдается рост успешной игры в защите высокорослых игроков, растёт качество «общей игры» волейболистов [4, 5].

Неудачное выступление женской национальной сборной на последнем чемпионате Европы выявило существенные изъяны в технико-тактических действиях наших спортсменок в нападении [6]. В числе недостатков в технике и тактике нападающих действий проявились следующие: слабый приём мяча с подач и при игре в защите, что не позволяло связующим игрокам завязывать комбинационную игру и обеспечивать нападающих качественными передачами; нестабильность атак основных форвардов, слабая реализация ими накопленного потенциала, особенно в наиболее ответственных матчах, возникновение у нападающих тактических и технических ошибок в несложных ситуациях; слабая организация атакующих действий в центре сетки; недостаточные технико-тактические связи связующих с нападающими первой и второй линий атаки; недостаточные навыки индивидуальной и групповой борьбы с одиночным и групповым блоком противника; слабое владение игроками атакующими действиями с некачественных вторых передач от связующих и передач от других партнёров, в частности – из глубины площадки, что в ряде случаев вело к отказу нападающих от выполнения ударов и переходу к перебрасыванию мяча на сторону противника. Эти факты свидетельствуют о недостаточной эффективности существующих подходов в процессе становления мастерства волейболисток и совершенствования нападающих действий и требуют разработки новых подходов подготовки в этом направлении.

Отметим, что не только мощные удары, но и обманные действия являются эффективным средством борьбы в нападении. Использование обманных ударов, быстрых «скидок» за блок, в сочетании со скоростным и мощным нападением позволяет нападающим экономить силы, расшатывать оборону противника, усложнять ему прогнозирование развития ситуаций, ставить перед соперниками сложные психологические задачи, преодоление которых не менее трудно, чем стандартное нападение [7, 8]. Авторы настоящей работы убеждены, что освоение спортсменами широкого арсенала технических приёмов и их разновидностей, тактических действий, использование в тренировочном процессе моделирования соревновательной деятельности с помощью традиционных педагогических воздействий и использования тренажёрно-исследовательских средств является одним из «ключей» к повышению эффективности нападения.

Проблема исследования состоит в необходимости разработки и апробации новых подходов повышения эффективности технико-тактических действий в нападении в женских студенческих волейбольных командах.

Цель работы: изучение эффективности применения технико-тактических средств ведения игры, обеспечивающих результативность действий студенток-волейболисток в нападении.

Методика исследования на первом этапе работы содержала элементы педагогического контроля, которые содержали педагогические наблюдения, анализ и оценку результатов атакующих действий волейболисток в тренировочном процессе и в соревновательной обстановке. Критериями оценки служили результаты атакующих действий, при которых команда выигрывала очко, либо мяч оставался в игре или был проигран сопернику.

Наблюдения в условиях состязаний выполнены на материале шести турниров, с участием сильнейших женских студенческих волейбольных команд г. Омска. В турнирах анализировалась игра команд Сибирского государственного университета физической культуры (СибГУФК), Омского государственного технического университета (ОмГТУ), Омского государственного университета путей сообщения (ОмГУПС), Омского государственного медицинского университета (ОмГМУ). Возраст тестируемых в группах составлял от 17 лет до 21 года. Квалификация испытуемых следующая: КМС – 6 человек, 1 разряд – 13 человек, 2 разряд – 15 человек, 3 разряд – 14 человек. Выявлено, что каждая из команд имела сбалансированный состав представителей всех разрядов. Тем самым команды были равны в отношении их квалификации.

В ходе педагогических наблюдений изучены и проанализированы результаты 18 матчей. В процессе исследования использовалось открытое наблюдение, играющие знали, что за ними наблюдают. Технология наблюдений была следующая:

1. Регистрировались показатели выигранных и проигранных мячей в результате нападающих действий. При этом не учи-

тывались мячи, которые были оставлены в игре.

2. Устанавливалась результативность действий каждого игрока отдельно и команды в целом.

3. С помощью видеозаписи анализировались нападающие действия, для уточнения характера игровых действий отдельных игроков и команды в целом.

4. Полученные результаты после их обработки и анализа представлялись исследуемым коллективам.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования, в командах было выявлено 3 способа (манеры) ведения коллективных нападающих действий, условно названные: классический, при котором команда тяготеет к размеренному розыгрышу мяча в нападении; быстрый, когда игроки стараются использовать скоростной розыгрыш атак; смешанный, при котором происходит сочетание атак с классическим розыгрышем, с атаками, выполняемыми в быстром темпе. Каждый из перечисленных способов организации нападения характеризуется отличительными особенностями, носящими как положительные, так и отрицательные стороны, которые кратко раскрываются в табл. 1.

В процессе исследования результатов выступлений наблюдаемых команд установлено, что каждая из команд использует в игре преимущественно один из представленных выше способов ведения игры. Выявлено, что к классическому ведению игры тяготеют команды ОмГУПС, ОмГМУ. Быстрой манерой игры отличается команда ОмГТУ. Команда СибГУФК применяет смешанный способ ведения игры в нападении. Установлено также, что команда СибГУФК организовывает свои действия с использованием трех или четырех нападающих игроков, в то время как соперники используют в игре только двух или трех игроков нападения и преимущественно используют небольшое число лидеров атак, тем самым существенно ограничивают свой тактический арсенал.

Таблица 1

Сравнительная характеристика способов (манеры) ведения игры сильнейших женских студенческих волейбольных команд города Омска

Способ ведения игры	Краткая характеристика	
	Положительные стороны (+)	Отрицательные стороны (–)
Быстрый	– высокая скорость передач для выполнения атакующих действий; – возможность выполнять атаки на минимальной высоте над сеткой при одиночном блоке; – у игроков противника имеется минимальное время для организации защитных действий	– высокие требования к качеству приема мяча с подачи или после удара, для обеспечения возможностей выполнения скоростных передач связующими игроками из передней зоны; – использование исключительно низких траекторий полета мяча
Классический	– преимущественно высокие траектории передачи мяча; – у связующего имеется возможность исправить некачественный приём мяча. При передачах со средней или высокой траектории у нападающего игрока имеется достаточное время для коррекции темпа выхода к мячу, принятия решения и выполнения атаки; – возможности выполнения передач связующему, с использованием приема-передачи мяча двумя руками снизу; – возможности для атакующих, используя высокие передачи, нападать поверх блока противника или играть от блока в аут	– при высокой траектории полета мяча у соперника имеется достаточный «бюджет» времени для одиночного и группового блокирования и организации защитных действий игроков в «поле»
Смешанный	– использование высоких и низких траекторий передач, в зависимости от качества приема мяча. При хорошем приеме – быстрая передача, при некачественном – средняя или высокая; – для противника затрудняется прогнозирование высоты и скорости предстоящих передач атакующим; – возможности для связующего игрока варьировать темпом атак, скоростью передач мяча, выводить нападающих в атаку на слабо подготовленный блок или атаковать без блока противника	– требуется высокая технико-тактическая подготовленность игроков нападения, так как при таком способе ведения игры раскрываются возможности использования разнообразных тактических схем для атакующих действий

Таблица 2

Показатели реализации нападающих действий женских студенческих волейбольных команд в официальных соревнованиях

	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Февраль		Март		Апрель		X±m		P
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	
СибГУФК	124	145	126	143	130	144	126	142	130	142	131	144	127,8 ± 2,9	143,3 ± 1,2	<0,05
ОмГТУ	126	148	125	140	129	148	126	141	127	148	132	143	127,5 ± 2,6	144,7 ± 3,8	<0,05
ОмГУПС	128	144	127	139	132	145	127	139	132	146	132	141	129,7 ± 2,6	142,3 ± 3,1	<0,05
ОмГМУ	123	145	124	144	127	147	125	149	128	151	129	144	126,0 ± 2,4	146,7 ± 2,9	<0,05

Примечание. В – выигранные мячи; П – проигранные мячи.

При изучении качества нападающих действий критерием являлась их результативность. Подсчитывалось общее количество атак команды в играх с соперниками. Из общего числа атакующих действий выявлялось количество выигранных и проигранных командой мячей либо мячей, оставшихся в игре после завершения атак. Результаты исследования представлены табл. 2.

Сезон соревнований начался в октябре 2015 года. Первоначальные данные нападающих действий СибГУФК были незначительно ниже команд соперников, разница с командами ОмГУПС, и ОмГТУ составила 2–4 мяча, а с командой ОмГМУ 1 мяч. Во втором месяце наблюдений отметился спад результативности команд ОмГУПС и ОмГТУ. Это объясняется фактом увеличения нагрузки в тренировочном процессе, так как у перечисленных команд велась активная подготовка к основным соревнованиям сезона. Команды СибГУФК, ОмГМУ незначительно повысили свои результаты, на 1–2 мяча.

В декабре качество атакующих действий имеет тенденцию к повышению результативности всех команд. В последние два месяца соревновательного сезона 2015–2016 гг. результативность атакующих действий во всех командах также незначительно повышается.

Таким образом, данные соревновательного сезона 2015–2016 гг. показывают следующее. Среднее число забитых мячей за сезон у команды СибГУФК – 127,8; ОмГТУ – 127,5; ОмГУПС – 129,7; ОмГМУ – 126,0. Это говорит о том, что результативность нападающих действий команды СибГУФК была выше показателей сборной ОмГМУ и находилась она примерно на одном уровне с командой ОмГТУ, но была ниже данных команды ОмГУПС.

На следующем этапе исследования, в целях повышения результативности нападающих действий волейболисток СибГУФК были проведены тренировочные мероприятия по совершенствованию тактической подготовленности студенток. В эксперименте, путём разработки и использования направленных педагогических воздействий, мы добивались формирования уровня подготовленности, направленного на повышение следующих характеристик подготовленности:

– развитие общей и специальной физической подготовленности;

– развитие тактического мышления и технической оснащённости игроков;

– повышение быстроты ориентировки при взаимодействиях с партнерами;

– повышение вариативности и эффективности использования тактико-технических действий в нападении в соревновательной обстановке;

– повышение уровня постоянной соревновательной активности;

В процессе совершенствования физической подготовленности внимание обращалось на развитие быстроты перемещений, прыжковой выносливости, быстроты и надёжности выполнения игровых приёмов нападения, в последовательно усложняемых условиях деятельности. В ходе практических занятий применялись разнообразные упражнения для развития сосредоточенности, распределения, переключения внимания, быстроты специфических реакций, быстроты перемещений, ориентировки в ситуациях различной сложности с использованием зрительных и звуковых сигналов. В этих целях направленно использовались средства волейбола, подвижных и спортивных игр из других видов спорта [9, 10].

В тактической подготовке обращалось внимание на развитие интеллектуальной подготовленности занимающихся. Велись теоретические занятия, где раскрывались теоретические основы техники и тактики, их взаимосвязи, пути совершенствования. В качестве иллюстративного материала использовалось изучение видеоматериалов проведённых игр, анализировались ошибки спортсменок технико-тактического плана,

раскрывались пути их исправления, развивались способности игроков к самостоятельному анализу качества выполненных приёмов в условиях тренировки и состязаний. В процессе теоретической подготовки использовались занятия на макетах площадки, изучались учебные видеоматериалы, использовались методы тактической подготовки, но с учетом специфики тактики нападения.

На практических занятиях применялись специальные упражнения по развитию эффективности тактики индивидуального и группового нападения. В частности, применялись упражнения по развитию групповых и командных взаимодействий, с поэтапным усложнением требований к ведению нападающих действий. С целью повышения надёжности игровых действий применялось многократное выполнение технико-тактических элементов и тактических упражнений, которые связывались в единую систему игры.

Для повышения уровня постоянной соревновательной активности применялись индивидуальные, групповые, командные упражнения, учебные и товарищеские игры с различным уровнем подготовленности соперников. Акцент делался на устранение наиболее значимых недостатков и развитие сильных сторон технико-тактической подготовленности команды. У спортсменок поддерживался высокий уровень желания участвовать в состязаниях.

Второй этап исследования результативности нападающих действий соревновательного сезона 2016–2017 гг. начался в октябре. Команда СибГУФК тренировалась с применением разработанных тактических взаимодействий и комбинаций, другие команды готовились по традиционной методике. Результаты исследования нападающих действий по данным успешности и отрицательных результатов выполнения атак командами представлены в табл. 3.

В течение первого месяца исследования результаты атакующих действий команды СибГУФК оказались выше других коллективов. Разница результатов с командой ОмГТУ, ОмГУПС составила 3–4 мяча, а с командой ОмГМУ 8 мячей. В следующем месяце состязаний у волейболисток СибГУФК наблюдается значительный прирост результатов атак, до 5 мячей, в то время как у других команд такая динамика составила 1–2 мяча. В декабре значительных изменений в результативности команды СибГУФК не наблюдается, в то время как у других команд происходит некоторое повышение результатов. На наш взгляд, это связано с увеличением нагрузки в тренировочном процессе команды СибГУФК, так как в этот период акцент был сделан на развитие физической подготовленности волейболисток, с одновременным формированием и тактико-технических умений. Такой подход привёл к положительным результатам. В марте и апреле результаты СибГУФК существенно возрастают, в то время как результаты остальных команд повышаются незначительно.

Таблица 3

Показатели результативности нападающих действий студенческих женских волейбольных команд в сезоне 2016–2017 гг.

Команды	Октябрь		Ноябрь		Декабрь		Февраль		Март		Апрель		X ± m		P
	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	В	П	
СибГУФК	130	132	135	127	137	129	136	133	143	126	149	124	138,3 ± 6,7	128,5 ± 3,5	<0,05
ОмГТУ	126	150	127	141	130	137	127	133	128	152	131	151	128,2 ± 1,9	144,0 ± 8,1	<0,05
ОмГУПС	127	142	128	144	133	142	127	148	129	151	132	149	129,3 ± 2,6	146,0 ± 3,8	<0,05
ОмГМУ	122	155	124	147	127	153	126	147	128	142	130	144	126,2 ± 2,9	148,0 ± 5,1	<0,05

Примечание. В – выигранные мячи; П – проигранные мячи.

Таблица 4

Результаты изучения качества нападающих действий женских студенческих волейбольных команд, в сезонах 2015–2016 и 2016–2017гг.

Команды	Сезон 2015–2016 гг.		Достоверность различий	Сезон 2016–2017 гг.		Достоверность различий
	В	П		В	П	
СибГУФК	127,8 ± 2,9	143,3 ± 1,2	P < 0,05	138,3 ± 6,7	128,5 ± 3,5	P < 0,05
ОмГТУ	127,5 ± 2,6	144,7 ± 3,8		128,2 ± 1,9	144,0 ± 8,1	
ОмГУПС	129,7 ± 2,6	142,3 ± 3,1		129,3 ± 2,6	146,0 ± 3,8	
ОмГМУ	126,0 ± 2,4	146,7 ± 2,9		126,2 ± 2,9	148,0 ± 5,1	

Полученные данные свидетельствуют, что в целом за соревновательный сезон 2016–2017 гг. среднее число выигранных мячей (положительного выполнения атак) у команды СибГУФК составляет 138,3 мяча, что значительно выше результатов команд соперников: ОмГТУ – 128,2; ОмГУПС – 129,3; ОмГМУ – 126,2 мячей.

По окончании исследования результативности нападающих действий в сезонах 2015–2016 гг. и 2016–2017 гг. имеется возможность представить обобщенные данные (табл. 4).

Полученные результаты свидетельствуют, что в начале исследования положительная результативность атак у команды СибГУФК составляет 127,8 ± 2,9, число проигранных мячей составило – 143,3 ± 1,2. После внедрения разработанного в исследовании комплекса педагогических воздействий результативность нападения в команде существенно повысилась и составила 138,3 ± 6,7 мяча. Разница результатов атакующих действий до и после применения разработанных тактических комплексов составила 10,5 мячей. Наблюдается также и снижение числа проигранных атак. В сезоне 2016–2017 гг. она составляет 128,5 ± 3,5, а разница показателей между сезонами достигла 14,8 мячей.

У команд соперников в сезонах 2015–2016 гг. и 2016–2017 гг. значительного прироста в результатах не наблюдается. В команде ОмГТУ средний прирост выигранных мячей составил 0,7, проигранных 0,7 мяча. У команды ОмГУПС наблюдается спад в результативности выигранных мячей на 0,4 мяча, а результаты проигранных атак увеличиваются. Разница составила 3,7 мяча. Команда ОмГМУ показала также незначительное увеличение результативности атак. Прирост показателей успешности нападения этой команды составил 0,2 мяча. При этом, одновременно наблюдается и увеличение проигранных атак (на 2,7 мяча).

Таким образом, данные исследования свидетельствуют, что результативность игры в нападении женских студенческих волейбольных команд находится на недостаточном уровне эффективности, что требует существенного изменения организации тренировочного процесса, характера применяемых педагогических воздействий, применения в процессе подготовки системного, комплексного подхода к развитию подготовленности, содержащего разностороннее направленное формирование тактико-технических умений занимающихся.

Заключение

Спорт студенческой молодёжи является ближайшим резервом команд мастеров. Однако к настоящему времени техническая, физическая, подготовленность женских студенческих волейбольных команд находится на недостаточном уровне развития. Для поддержания результативности игры волейболисток важное значение имеет сохранение преимущества нападения над действиями защиты, которое должно поддерживаться усилиями тренеров и спортсменок, в содружестве со специалистами спортивной науки. Результаты нападающих действий в условиях соревнований, в значительной степени зависят от уровня технико-тактической подготовленности волейболисток. Процесс совершенствования игровых действий студенток-волейболисток в нападении должен носить системный характер, затрагивать разнообразные стороны подготовленности, с использованием в тренировочном процессе системного совершенствования, разработки и использования в практике подготовки новейших подходов.

Список литературы

1. Гераськин А.А. Формирование технико-тактических умений в игровых видах спорта / А.А. Гераськин, В.А. Бобровский, Е.М. Батенко, И.Ю. Пасюкова, Ю.П. Денисенко, И.Ф. Андрущишин // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 3. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26424 (дата обращения: 10.04.2018).

2. Никитушкин В.Г. Совершенствование системы подготовки юных спортсменов / В.Г. Никитушкин // Теория и практика физической культуры. – 2009. – № 8. – С. 19–22.

3. Железняк Ю.Д. К вопросу о технологии многолетней подготовки спортсменов в волейболе / Ю.Д. Железняк // Спортивные игры в физическом воспитании, рекреации и спорте: Материалы XI Международной научно-практической конференции / под общ. ред. к.п.н., доц. А.В. Родина (г. Смоленск, 24–26 января 2017 года). – Смоленск, 2017. – С. 99–101.

4. Козин В.В. Спортивная двигательная ситуация как деятельностно-ориентированная модель игры / В.В. Козин, А.В. Зыков // Омский научный вестник. – 2015. – Вып. 3 (139). – С. 158–161.

5. Марков К.К. Современные направления совершенствования методики спортивной тренировки / К.К. Марков, О.О. Николаева, Е.Н. Сидорова // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 5–1. – С. 131–135.

6. Интернет-ресурс: Российская катастрофа в Баку [Электронный ресурс]. – URL: https://sport.mail.ru/news/volleyball/31177162 (дата обращения: 10.03.2018).

7. Иванова Л.М. Обучение и совершенствование подготовленности волейболистов при игре в нападении: глава в монографии / Л.М. Иванова // Формирование тактических умений волейболистов при игре в нападении с учетом амплуа. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2011. – С. 93–125.

8. Эртман Ю.Н. Применение технических средств в учебно-тренировочном процессе квалифицированных волейболисток / Ю.Н. Эртман, А.А. Гераськин, Н.В. Васильченко // Научные труды. – Омск, 2013. – С. 165–168.

9. Зыков А.В. Образ игровой ситуации в вариативности технико-тактической деятельности хоккеистов / А.В. Зыков, В.В. Козин // Проблемы развития физической культуры и спорта в новом тысячелетии: материалы Всероссийской научно-практической конференции 2–3 апреля г. Кемерово. – Омск: Изд-во СибГУФК, 2014. – С. 71–75.

10. Козин В.В. Становление техники атакующих действий баскетболистов под влиянием противодействий защитников / В.В. Козин, А.А. Шереметов // Спортивное наследие универсиады – 2013: материалы Международной научно-практической конференции (28–29 октября, 2010 г.). – Казань: Поволжская ГАФКСиТ, 2010. – С. 275–278.