

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

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,858.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,391.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 13.09.2018
Дата выхода номера – 13.10.2018

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 24,63
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2018/9
Подписной индекс 70062

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСИЛИЯ ПРИЖИМА МЕЖДУ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ВАЛКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН <i>Аманов Т.Ю., Баубеков С.Д., Цой Г.Н., Набиев А.М.</i>	9
ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИНТЕГРАЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИМИ ВИРТУАЛЬНЫМИ МУЗЕЯМИ <i>Аннгаи С.</i>	15
ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИЁМА В ВУЗЫ РОССИИ <i>Андронов В.Г., Пыхтин А.И., Шевцов А.Н., Коптев Д.С., Щитов А.Н.</i>	23
АСИМПТОТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОНВЕКТИВНОЙ ДИФФУЗИИ ВНУТРИ КАПЛИ, ОБТЕКАЕМОЙ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ <i>Ахметов Р.Г., Милюкова А.В.</i>	29
О ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛАХ В МОДЕЛИ АВТОГЕНЕРАТОРА <i>Булекбаев Д.А., Морозов А.В.</i>	35
РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПОИСКА И ОБРАБОТКИ НЕСТРУКТУРИРОВАННОЙ ДОКУМЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ <i>Гагарина Л.Г., Слюсарь В.В., Федоров А.Р., Федоров П.А.</i>	41
МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЧАСТИЦ НА ВЫХОДЕ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ <i>Галагуз Ю.П., Сафина Г.Л.</i>	45
МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКОЛОГО-ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА <i>Кисляков И.М., Медведев А.В.</i>	51
ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ДИФфуЗИОННЫХ СЛОЕВ НА СТАЛИ 20 ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ НАСЫЩЕНИИ БОРОМ И МЕДЬЮ <i>Лысых С.А., Хараев Ю.П., Корнопольцев В.Н., Бутуханов В.А.</i>	56
АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ МЕТОДОМ ПСЕВДООБРАТНОЙ МАТРИЦЫ <i>Мадера А.Г.</i>	61
ОСОБЕННОСТИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ <i>Мальшева Г.В., Гузева Т.А., Федоров Б.Б.</i>	66
ОСОБЕННОСТИ БАЛАНСИРОВКИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ V-ОБРАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ <i>Мартынов А.В., Паксеваткин Е.Н.</i>	71
МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕШЕХОДНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ <i>Наумова Н.А., Данович Л.М., Тесленко Н.Ф.</i>	76
РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРИХЛОРИДА ЛЮТЕЦИЯ-177: ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ <i>Новиков С.Г., Беринцев А.В., Алексеев А.С., Светухин В.В., Жуков А.В., Фомин А.Н., Кузнецов Р.А., Городецкий В.Г., Карболин П.В., Предеина М.А., Ившин С.А., Ильин К.И., Марков Д.В.</i>	81
ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ <i>Нурмухаметова Э.Р., Фатхутдинова Э.Н., Сидоров Г.М., Осипенко Д.Ф.</i>	88

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО АТТРИБУТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ЦИФРОВОГО ПОЭТАЖНОГО ПЛАНА <i>Осипов М.П., Чекодаев О.А.</i>	93
СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА ВВОДОМ НАНОКРЕМНЕЗЕМА И МИКРОКРЕМНЕЗЕМА <i>Потапов В.В., Горев Д.С.</i>	98
РАЗРАБОТКА СПОСОБА ВИБРАЦИОННОГО СВЕРЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ <i>Разумов М.С., Гатиев М.Ш., Гладышкин А.О., Дрынова О.И., Скрипкина Е.В., Панин А.А., Смирнова А.Н.</i>	103
ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ КАК ОБЪЕКТ МОНУМЕНТАЛЬНОГО ИСКУССТВА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ <i>Серебряков С.А., Обертас О.Г., Петухов В.В., Чернявина Л.А.</i>	109
СРЕДОВОЙ ПОДХОД В АРХИТЕКТУРЕ ОТ ТЕОРИИ К РЕАЛИЗАЦИИ <i>Татарченко А.В.</i>	115
ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ КОМБИНИРОВАННЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ <i>Хабибулин С.Ю., Хабибулина Н.Н.</i>	120
КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДА <i>Хисаметдинов Ф.З.</i>	126
СИНТЕЗ НЕЧЕТКОГО АЛГОРИТМА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКОЙ <i>Хисматуллин А.С., Григорьев Е.С.</i>	131
ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА СИСТЕМЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ <i>Хрипунова А.А., Агапотова П.Д., Приходько Р.А., Панин А.Н., Максименко Е.В., Хрипунова И.Г.</i>	136
РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ «ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН» <i>Хусаинова Г.Я., Хусаинов И.Г.</i>	141
НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕЛИВНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МАССООБМЕННЫХ ТАРЕЛОК КОЛОННЫХ АППАРАТОВ <i>Шибитова Н.В., Михалев Д.О., Попова А.Д.</i>	145
Педагогические науки (13.00.01, 13.00.02, 13.00.03, 13.00.04, 13.00.05, 13.00.08)	
КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ВРАЧЕЙ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ <i>Астанина С.Ю.</i>	150
СОЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОПРОВОЖДЕНИЯ И ПОДДЕРЖКИ НЕПОЛНОЙ СЕМЬИ: ПРОЕКТНЫЙ ПОДХОД <i>Безенкова Т.А., Олейник Е.В., Андрусак Н.Ю., Плугина Н.А.</i>	155
ДИНАМИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ СТУДЕНТОВ – БУДУЩИХ ДИЗАЙНЕРОВ К ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ <i>Власенко О.В., Накохова Р.Р.</i>	160

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОНСТРУКТОРА «УМНАЯ ПАРКОВКА» ДЛЯ ЗНАКОМСТВА ОБУЧАЮЩИХСЯ С ТЕХНОЛОГИЕЙ «ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ» <i>Гребнева Д.М.</i>	166
ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МЫШЛЕНИЕ ПЕДАГОГОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ <i>Ечмаева Г.А.</i>	171
ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ КОНСТРУКТЫ В ФОРМИРОВАНИИ КУЛЬТУРЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЛИЧНОСТИ <i>Козырева О.А., Козырев Н.А., Коновалов С.В.</i>	177
К ВОПРОСУ О ДИАГНОСТИКЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ МУЗЫКАЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ МЛАДШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ В ГРУППЕ РАННЕГО ЭСТЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ <i>Лазарева Н.Ф.</i>	182
ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНОВЛЕНИЯ КУЛЬТУРЫ САМОВЫРАЖЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА <i>Омельченко Е.А.</i>	188
ВНЕУРОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ФОРМА ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ И ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ <i>Соколова И.В., Сергеев А.Э.</i>	193

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

DEVICE TO ENSURE THE PRESSURE FORCE BETWEEN THE WORKING UNITS OF ROLLER TECHNOLOGICAL MACHINES <i>Amanov T.Yu., Baubekov S.D., Tsoy G.N., Nabiev A.M.</i>	9
DESIGN, INTEGRATION, AND IMPLEMENTATION OF THE AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEM OF THEMATIC VIRTUAL MUSEUMS <i>Anggai S.</i>	15
PROSPECTS OF CREATING A UNIFIED INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEM FOR ADMISSION TO RUSSIAN UNIVERSITIES <i>Andronov V.G., Pykhtin A.I., Shevtsov A.N., Koptev D.S., Schitov A.N.</i>	23
ASYMPTOTIC SOLUTIONS OF THE PROBLEM OF CONVECTIVE DIFFUSION INSIDE DROPS WITH VOLUMETRIC CHEMICAL REACTION <i>Akhmetov R.G., Milyukova A.V.</i>	29
ON THE LIMIT CYCLES IN THE MODEL OF OSCILLATOR <i>Bulekbaev D.A., Morozov A.V.</i>	35
DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF UNSTRUCTURED DOCUMENTED INFORMATION SEARCHING AND PROCESSING <i>Gagarina L.G., Slyusar V.V., Fedorov A.R., Fedorov P.A.</i>	41
MODELING OF PARTICLES FILTRATION AT THE POROUS MEDIUM OUTLET <i>Galaguz Yu.P., Safina G.L.</i>	45
MATHEMATICAL MODEL OF THE REGION'S ECOLOGICAL-INVESTMENT ATTRACTION <i>Kislyakov I.M., Medvedev A.V.</i>	51
THE STUDY OF FORMATION OF DIFFUSION LAYERS ON STEEL 20 WITH THE SIMULTANEOUS SATURATION WITH BORON AND COPPER <i>Lysykh S.A., Kharaev Yu.P., Kornopol'tsev V.N., Butukhanov V.A.</i>	56
ANALYSIS OF THE THERMAL PROCESSES IN TECHNICAL SYSTEMS BY THE PSEUDO-INVERSE MATRIX METHOD <i>Madera A.G.</i>	61
FEATURES OF HYDROABRASIVE PROCESSING OF FIBERGLASSES <i>Malysheva G.V., Guzeva T.A., Fedorov B.B.</i>	66
FEATURES OF THE CRANKSHAFTS BALANCING V-ENGINES <i>Martynov A.V., Paksevatkin E.N.</i>	71
THE METHOD OF DETERMINING THE OPTIMAL ORGANIZATION OF THE PEDESTRIAN MOVEMENT AT THE CROSSROADS <i>Naumova N.A., Danovich L.M., Teslenko N.F.</i>	76
DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF LU-177: ENGINEERING ASPECTS <i>Novikov S.G., Berintsev A.V., Alekseev A.S., Svetukhin V.V., Zhukov A.V., Fomin A.N., Kuznetsov R.A., Gorodetskiy V.G., Karbolin P.V., Predeina M.A., Ivshin S.A., Ilin K.I., Markov D.V.</i>	81
RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE LONG-TERM STORAGE OF DIESEL FUEL ON OPERATING CHARACTERISTICS <i>Nurmukhametova E.R., Fatkhutdinova E.N., Sidorov G.M., Osipenko D.F.</i>	88

AUTOMATION OF THE PROCESS OF 3D MODELING OF OBJECTS OF THE INTERNAL STRUCTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES USING ATTRIBUTIVE INFORMATION FROM THE DIGITAL FLOOR PLAN <i>Potapov M.P., Chekodaev O.A.</i>	93
COMPARATIVE RESULTS OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH RISING BY ADDITION OF NANOSILICA AND MICROSILICA <i>Potapov V.V., Gorev D.S.</i>	98
DEVELOPMENT OF A METHOD OF VIBRATION DRILLING BASED ON THE ANALYSIS OF THE KINEMATIC SCHEMES WITH THE ACCOUNT OF OPERATING CHARACTERISTICS OF MACHINE EQUIPMENT <i>Razumov M.S., Gatiev M.Sh., Gladyshevskiy A.O., Drynova O.I., Skripkina E.V., Panin A.A., Smirnova A.N.</i>	103
RETAINING WALLS AS OBJECT OF MONUMENTAL ART IN URBAN ENVIRONMENT <i>Serebryakov S.A., Obertas O.G., Petukhov V.V., Chernyavina L.A.</i>	109
ENVIRONMENTAL APPROACH IN ARCHITECTURE: FROM THEORY TO REALIZATION <i>Tatarchenko A.V.</i>	115
NUMERICAL CALCULATION OF THE OPTIMAL SIZE OF COMBINED PILE FOUNDATIONS <i>Khabibulin S.Yu., Khabibulina N.N.</i>	120
PARAMETERS OF THE ELECTRIC FIELD IN CATHODIC PROTECTION OF UNDERGROUND PIPELINE CALCULATION AND VISUALIZATION <i>Khisametdinov F.Z.</i>	126
SYNTHESIS OF FUZZY REFERENCE POWER COMPENSATION ALGORITHM IN ELECTRIC NETWORK WITH NONLINEAR LOAD <i>Khismatullin A.S., Grigorev E.S.</i>	131
GEOINFORMATIONAL TECHNOLOGIES AS MONITORING INSTRUMENT FOR THE HEALTH SYSTEM AT THE REGIONAL LEVEL <i>Khripunova A.A., Agapitova P.D., Prikhodko R.A., Panin A.N., Maksimenko E.V., Khripunova I.G.</i>	136
DEVELOPMENT OF THE INFORMATION SYSTEM «WATER RESOURCES OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN» <i>Khusainova G.Ya., Khusainov I. G.</i>	141
NEW DESIGNS OF OVERFLOW DEVICES FOR MASS TRANSFER PLATES OF COLUMN APPARATUSES <i>Shibitova N.V., Mikhalev D.O., Popova A.D.</i>	145
Pedagogical sciences (13.00.01, 13.00.02, 13.00.03, 13.00.04, 13.00.05, 13.00.08)	
CONCEPTUAL BASES OF BIOLOGICAL TRAINING OF DOCTORS IN ADDITIONAL VOCATIONAL EDUCATION <i>Astanina S.Yu.</i>	150
SOCIAL TECHNOLOGIES OF SUPPORT OF SINGLE-PARENT FAMILIES: PROJECT APPROACH <i>Bezenkova T.A., Oleynik E.V., Andrusyak N.Yu., Plugina N.A.</i>	155
DYNAMICS OF PROFESSIONAL READINESS OF STUDENTS – FUTURE DESIGNERS TO PROJECT ACTIVITY <i>Vlasenko O.V., Nakokhova R.R.</i>	160

DESIGNING THE ROBOT ELECTRONIC KIT «SMART PARKING» TO LEARN THE STUDENTS THE INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY <i>Grebneva D.M.</i>	166
SPATIAL THINKING OF PROFESSIONAL TRAINING TEACHERS IN TECHNICAL DISCIPLINES: PROBLEM DEFINITION <i>Echmaeva G.A.</i>	171
PEDAGOGICAL MODELING AND PEDAGOGICAL DESIGNS IN FORMING THE CULTURE OF SELF-WORKING PERSONALITY <i>Kozyreva O.A., Kozyrev N.A., Kononov S.V.</i>	177
DIAGNOSTICS OF LEVEL OF DEVELOPMENT OF MUSIC THINKING OF YOUNG PRESCHOOL CHILDREN IN THE GROUP OF EARLY AESTHETIC DEVELOPMENT <i>Lazareva N.F.</i>	182
THE CHARACTERISTICS OF SELF-EXPRESSION CULTURE FORMATION OF PEDAGOGICAL UNIVERSITY STUDENTS <i>Omelchenko E.A.</i>	188
EXTRACURRICULAR ACTIVITIES AS FORM OF INTEGRATION OF SCIENCE AND SCHOOL EDUCATION <i>Sokolova I.V., Sergeev A.E.</i>	193

УДК 675.05

УСТРОЙСТВО ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ УСИЛИЯ ПРИЖИМА МЕЖДУ РАБОЧИМИ ОРГАНАМИ ВАЛКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАШИН

¹Аманов Т.Ю., ²Баубеков С.Д., ¹Цой Г.Н., ¹Набиев А.М.

¹Институт механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т. Уразбаева Академии наук
Республики Узбекистан, Ташкент, e-mail: amanov43@mail.ru;

²Таразский гуманитарно-инновационный университет, Тараз, e-mail: sbaubekov@mail.ru

Работа относится к машиностроению, а именно к разработке кожевенной технологической машины. Для повышения качества отжима необходимо обеспечить требуемое усилие прижима рабочих валов, которое осуществляется установкой механизма обратной связи к механизму регулирования давления. Предлагаемый механизм обратной связи обеспечивает требуемое усилие прижима рабочих валов независимо от изменения толщины пакета кожевенных полуфабрикатов с влагоотводящими материалами. Предлагаемое устройство отличается от существующих тем, что параллельно к двухплечему рычагу установлен ещё один двухплечий рычаг. На концах этих рычагов установлены ползуны, при этом ползун на плече одного рычага соединяется с ползуном на плече следующего рычага посредством трубы и вилок. А ползун на другом плече рычага соединяется с ползуном на плече следующего рычага посредством вилок, крышки, стакана, штока, поршня, упругого элемента. В предлагаемом устройстве длина плеч двухплечих рычагов не изменяется за счет установок ползун и направляющих, которые обеспечивают горизонтальное движение ползун. Посредством установки одинаковых или разных (или их сочетания) упругих элементов (пружины цилиндрические или конические) механизма прижима рабочих валов и механизма обратной связи и их одинаковой затяжки обеспечивается требуемое усилие прижима рабочих валов при изменении толщины обрабатываемых кожевенных полуфабрикатов. Предлагаемое устройство имеет следующие преимущества: повышается равномерность отжима по всей неравномерной площади кож, что способствует улучшению качества в последующих технологических процессах, например, таких как разводка, двоение, строгание, и тем самым уменьшает дефекты получаемых кож; повышается качественный отжим многослойного пакета кожевенных полуфабрикатов с влагоотводящими материалами, обеспечивая высокую производительность устройства; за счет отжима с растяжением повышается эффективность удаления жидкости и выход кож по площади. Устройство может эффективно использоваться в качестве натяжного элемента в различных приводах с гибкими элементами, например ременных, зубчато-ременных, клиноременных и цепных передач.

Ключевые слова: машиностроение, кожевенные машины, отжимные валы, устройство натяжения гибких передач, ползун, упругий элемент, рычаг, механизм, толщина, кожевенный полуфабрикат

DEVICE TO ENSURE THE PRESSURE FORCE BETWEEN THE WORKING UNITS OF ROLLER TECHNOLOGICAL MACHINES

¹Amanov T.Yu., ²Baubekov S.D., ¹Tsoy G.N., ¹Nabiev A.M.

¹Institute of Mechanics and Seismic Stability of Structures named after M.T. Urazbaev
of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Tashkent, e-mail: amanov43@mail.ru;

²Taraz Humanitarian-Innovative University, Taraz, e-mail: sbaubekov@mail.ru

The paper relates to mechanical engineering, particularly, to the development of technological machines in leather processing. To improve the pressing quality, it is necessary to ensure the required pressing force of the working rollers, which is done by setting the feedback mechanism to the pressure control mechanism. The proposed feedback mechanism provides the required pressure force of the working rollers irrespective of the change in thickness of the package of leather semi-finished products with moisture-releasing materials. The proposed device differs from existing ones in that one more two-arm lever is installed parallel to the two-arm lever. At the ends of these levers the sliders are set; the slider on the shoulder of one lever is connected to the slider on the shoulder of the next lever by means of a pipe and plugs. And the slider on the other arm of the lever is connected to the slider on the shoulder of the next lever by means of forks, a lid, a glass, a rod, a piston, an elastic element. In the proposed device, the length of the arms of the two-arm levers does not change due to installation of the sliders and guides, which ensure the horizontal movement of the sliders. By setting identical or different (or a combination of both) elastic elements (cylindrical or conical springs) of the mechanism of working rollers pressing and the feedback mechanism and their identical tightening, the required pressing force of the working rollers is provided when the thickness of the processed leather semi-finished products is changed. The proposed device has the following advantages: the uniformity of pressing is increased throughout the uneven leather area, which contributes to the quality improvement in the subsequent technological processes, such as, for example, wiring, dubbing, rasping; all these reduce the defects of the leather obtained; the high-quality pressing of a multi-layer package of leather semi-finished products with moisture-releasing materials is enhanced, ensuring high productivity of the device; by pressing with stretching, the efficiency of fluid removal and the output of leather product area are increased. This device can be effectively used as a tension element in various drives with flexible elements, for example, belt, gear-belt, V-belt and chain gears.

Keywords: mechanical engineering, leather processing machines, pressing rollers, tension device for flexible gears, slider, elastic element, lever, mechanism, thickness, leather semi-finished products

После жидкостных операций кожевенные полуфабрикаты содержат более 70% влаги. Для проведения дальнейших механических операций и снижения расхода

энергии производят отжим влаги механическим путем. Для нормального проведения механических операций экспериментально определено [1, с. 50–53], что содержание

влаги должно быть порядка 45–60% от вида кожевенного полуфабриката. Обеспечение содержания влаги 45–60% осуществляется механическим путем, в частности валковым отжимом.

В работе [2, с. 44–46] приведено множество недостатков, которые приводят к дефектам кожевенного полуфабриката в процессе механической обработки при неравномерности содержания влаги больше или меньше в пределах 55–60% по всем топографическим участкам.

В существующих отжимных валковых машинах [1, с. 51–53] прижимные устройства не обеспечивают требуемых усилий прижима при изменении толщины кожевенного полуфабриката, так как повышается удельное усилие и после отжима появляются дефекты в виде складок, которые не разглаживаются.

Также известны прижимные механизмы мездрильных машин [3–5], которые предназначены для незначительных усилий прижима при строгании мездры, однако они не подходят для отжимных машин для удаления влаги из мокрых кожевенных полуфабрикатов.

Цель работы заключалась в разработке нового технического решения, обеспечивающего создание требуемого усилия прижима между рабочими органами валковых технологических машин.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования в работе выбрано прижимное устройство, обеспечивающее требуемое усилие между рабочими валами отжимной машины при отжиме влаги из мокрых кожевенных полуфабрикатов. В качестве метода исследования выбраны методы теории машин и механизмов и аналитической геометрии.

Разработано устройство для обеспечения требуемого усилия между рабочими органами валковых технологических машин (рис. 1–4). Для повышения качества отжима необходимо обеспечить требуемое усилие прижима рабочих валов, которое осуществляется установкой механизма обратной связи к механизму регулирования давления.

В устройстве параллельно к двуплечему рычагу установлен еще один двуплечий рычаг. На концах этих рычагов установлены ползуны, причем ползун на плече одного рычага соединяется с ползуном на плече следующего рычага посредством трубы и вилок. Следующий ползун на другом плече рычага соединяется с ползуном на плече следующего рычага посредством вилок, крышки, стакана, штока, поршня, упругого элемента.

Обеспечение требуемого усилия прижима, возникающего при увеличении толщины пакета мокрых кожевенных полуфабрикатов с влагоотводящими материалами осуществляется за счет механизма обратной связи, дополнительное усилие передается к опорам рабочих валов, направленных противоположно сжатию, при постоянных плечах приложения сил.

В конструкции предлагаемого устройства длина двуплечих рычагов не изменяется за счет перемеще-

ния ползун при повороте рычагов, которые обеспечивают горизонтальное движение ползун. За счет установки одинаковых или разных (или их сочетания) упругих элементов (пружины цилиндрические или конические) механизма прижима рабочих валов и механизма обратной связи и их одинаковой затяжки обеспечивается требуемое усилие прижима рабочих валов при изменении толщины обрабатываемых мокрых кожевенных полуфабрикатов.

Данное устройство отличается тем, что привод рабочих валов и опорных плит с пакетом мокрых кожевенных полуфабрикатов и влагоотводящих материалов осуществляется двумя цепями транспортера и 8-ми звездочками, установленными на концах рабочих валов, и на валу редуктора и на станине выше рабочих валов и на концах вала ниже рабочих валов. На концах рабочих валов установлены звездочки. Диаметры рабочих валов меньше диаметров звездочек.

Устройство состоит из горизонтально расположенных рабочих валов 1 и 2, установленных на станине 3 с помощью подшипника 50. На торцах рабочих валов 1 и 2, а звездочка 36 на станину 3, звездочка 7 установлена на вал редуктора 42. На рис. 1 показана схема привода рабочих валов и механизм подачи опорных плит с пакетом мокрых кожевенных полуфабрикатов с влагоотводящими материалами.

Под рабочими валами 1 и 2 установлены звездочки 7, 36 на станине 3. Под рабочими валами 1 и 2 на станине 3 установлен валик 39, на концах которого установлены звездочки 8, 37. Ведущая звездочка 7 приводит в движение цепь 4, которая находится в постоянном зацеплении со звездочками 5, 6, 7, 8. На оси 48 закреплена опорная плита 9 с двух сторон к цепям 4, 46. Цепь 46 находится в постоянном зацеплении со звездочками 36, 37 и 45, 47.

При отжиме влаги из двухслойного пакета на опорную плиту 9 установлены последовательно влагоотводящие материалы 31, 33, 35 и пористые материалы, т.е. мокрые кожевенные полуфабрикаты 32, 34. Рабочий вал 2 подвижный с опорой 10. Опора 10 установлена на станине 3.

На станине 3 установлены два одинаковых двуплечих рычага 11, 12, на концах которых установлены ползуны 17, 18, 19, 20. Ползуны с плечами рычагов имеют линейную подвижность, а с вилками вращательную подвижность. Вилка 29 с двумя ушками шарнирно крепится с ползуном 18 при помощи шпильки 49, а вилка 28 аналогично крепится с ползуном 19, также при помощи шпильки 49. Вилки 28, 29 крепятся с трубой 27 резьбовыми соединениями.

На станине 3 установлен цилиндр 15, на который крепится резьбой крышка 14, внутри цилиндра установлен упругий элемент 13, который одним концом упирается на поршень 51, а другим концом упирается на направляющую 16, которая в свою очередь другим концом упирается на ползун 17. Шток 30 поршня 51 крепится резьбой на крышку 14, а затем закрепляется гайкой 53. Вилка 40 ушками шарнирно крепится к ползуну 17 при помощи шпильки 49, а другим концом крепится резьбой к крышке 26, а затем закрепляется гайкой 54. Крышка 26 закрепляется резьбой на стакан 21. Внутри стакана 21 установлен упругий элемент 22, который одним концом упирается на поршень 52, а другим концом на дно стакана 21. Шток 24 поршня 52 проходит через отверстие дна стакана 21 и соединяется резьбой с вилкой 25. На рис. 2 показана схема механизма для осуществления усилия прижима рабочих валов.

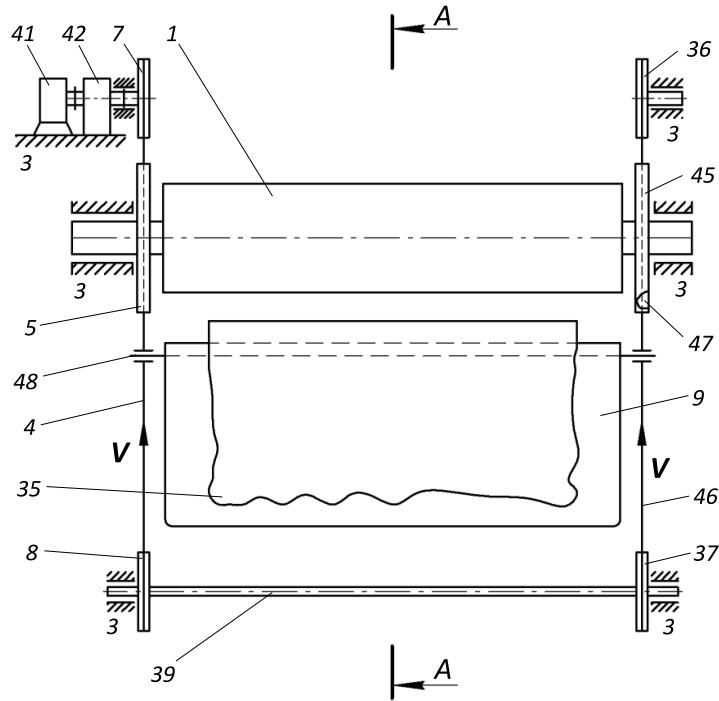


Рис. 1. Общий вид устройства (вид спереди)

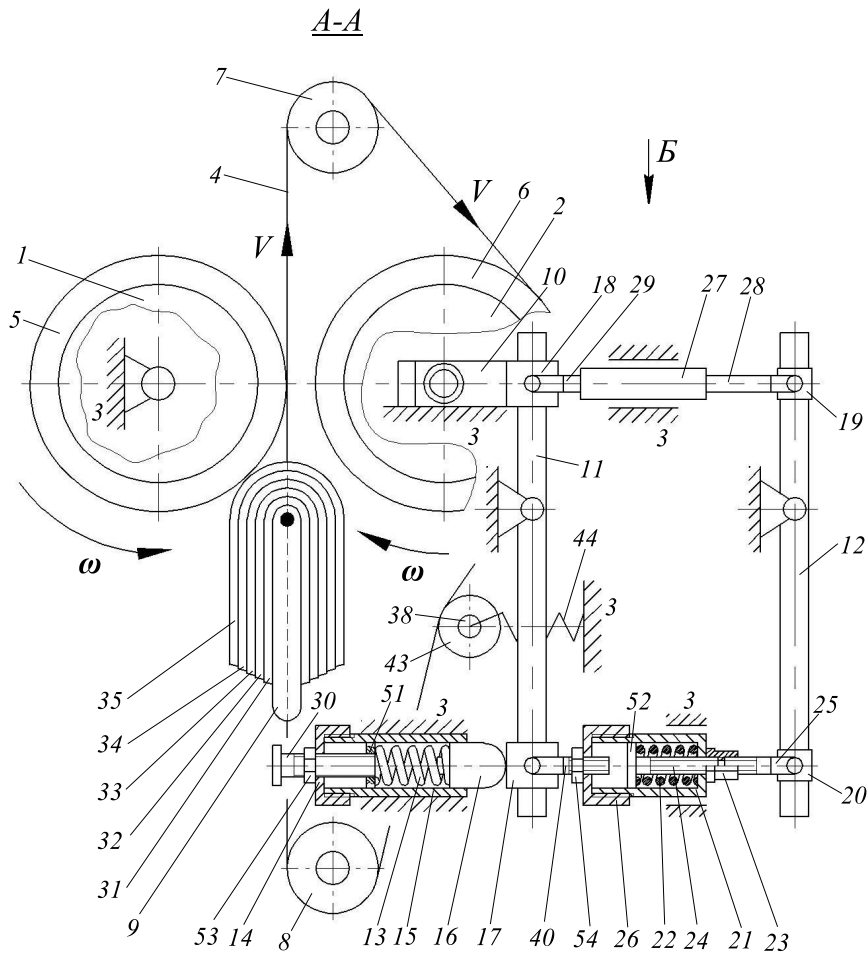


Рис. 2. Поперечный разрез устройства (A-A)

На штоке 24 поршня 52 с внешней стороны dna стакана 21 установлена гайка 23, которая обеспечивает затяжку упругого элемента 22. Вилка 25 ушками шарнирно крепится к ползуну 20 при помощи шпильки 49. Ось звездочки 7 соединена с электродвигателем 41 через редуктор 42. Труба 27 и стакан 21 установлены на станине 3 так, что они перемещаются параллельно и при этом пропорционально изменяют длину плеч рычагов 11 и 12. Упругие элементы 13, 22 могут быть металлическими пружинами с одинаковыми характеристиками. Их затяжку штоком 30 поршня 51 и гайкой 23 осуществляют одинаково, при этом упругий элемент 22 работает тогда, когда поворачивается рычаг 11 от начального, нейтрального положения. Это происходит при изменении толщины пакета кож с влагоотводящими материалами. Отжим происходит с натяжением пакета мокрых кожевенных полуфабрикатов с влагоотводящими материалами. Для натяжения цепи 4 установлена на оси 38 натяжная звездочка 43. Один конец пружины 44 крепится за ось 38 звездочки 43, а другим концом пружина 44 крепится к станине 3. Натяжение цепи 46 аналогично.

Затяжкой штока 30 поршня 51 устанавливают требуемое усилие прижима упругого элемента 13 с одной подвижной опоры 10 рабочего вала 2, а другая подвижная опора рабочего вала 2 аналогично устанавливает необходимое усилие прижима. Также затяжку осуществляют над упругим элементом 22 гайкой 23. Параллельность рычагов 11, 12 осуществляется вилками 25, 29, 28, 40. На опорную плиту 9 укладывают поочередно влагоотводящие материалы

31, 33, 35 и мокрые кожевенные полуфабрикаты 32, 34 между ними.

Включают электродвигатель 41, который через редуктор 42 передает вращение рабочему валу 1, на концах которого установлены звездочки 5, 45, передающие движение цепям 4 и 46. Цепи 4 и 46 вращают рабочий вал 1 в контакте со звездочками 5, 45. При движении цепи 4, 46 опорная плита 9 с пакетом мокрых кожевенных полуфабрикатов 32, 34 и влагоотводящими материалами 31, 33, 35 подается между рабочими валами 1 и 2. При движении цепи 4 и 46 контактируются с подвижным рабочим валом 2 через звездочки 6, 47. После прохождения между рабочими валами 1 и 2, пакет мокрых кожевенных полуфабрикатов с влагоотводящими материалами снимается и устанавливается новый пакет мокрых кожевенных полуфабрикатов с влагоотводящими материалами. При захвате рабочими валами 1 и 2 опорной плиты 9 с пакетом мокрых кожевенных полуфабрикатов 32, 34 и влагоотводящих материалов 31, 33, 35 при увеличении толщины пакета рабочий вал 2 перемещается и давит опорой 10 на ползун 18, а он поворачивает меньшее плечо l_1 рычага 11. Также поворачивается большее плечо l_0 рычага 11 и давит через направляющую 16 на упругий элемент 13 и сжимает её на величину Dl_1 , причем первоначальная затяжка составляет Dl . Следовательно, на большее плечо l_0 рычага в повернутом положении действует дополнительное усилие

$$DP = Dl_1 \cdot c,$$

где c – жесткость упругого элемента.

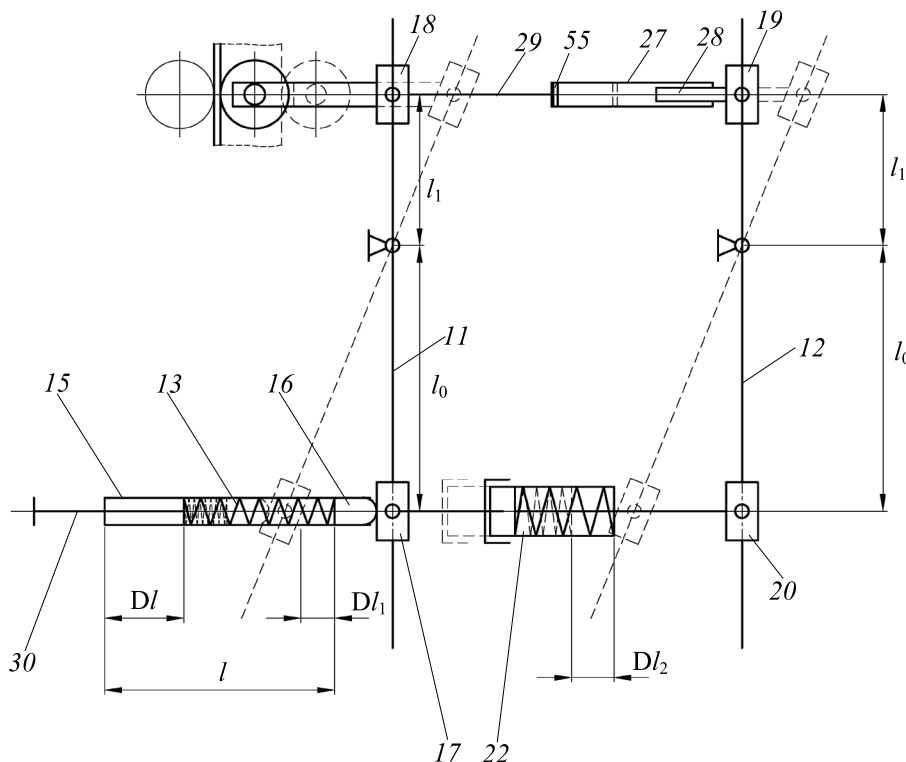


Рис. 3. Схема параллельного перемещения двухплечих рычагов в процессе работы (вид сбоку)

Это дополнительное усилие, умноженное на кратность плеч – k , действует на меньшее плечо l_1 . Следовательно, в повернутом положении рычага на меньшее плечо l_1 рычага давит общее усилие прижима

$$P = P_1 \cdot k + DP \cdot k,$$

$$P = k(P_1 + DP),$$

где $k = l_0/l_1$, $P_1 = Dl \cdot c$, $DP = Dl_1 \cdot c$, $P = k \cdot c(Dl + Dl_1)$, P_1 – первоначальное усилие прижима.

При повороте большего плеча l_0 рычага 11, он через ползун 17, вилки 40, стакан 21 с крышкой 26 тянет и сжимает упругий элемент 22 на величину Dl_2 , равное величине Dl_1 . Следовательно, тянет большее плечо l_0 рычага 12 через поршень 52 со штоком 24, гайки 23, вилки 25, ползуна 20, с усилием равным

$$DP = l_1 \cdot c.$$

А на меньшее плечо l_1 рычага 12 к ползуну 19 приходит дополнительное усилие

$$DP_1 = DP \cdot k,$$

$$DP_1 = Dl_1 \cdot c \cdot k.$$

На рис. 3 показан рабочий процесс двухплечих рычагов в начальном и конечном положениях.

С таким усилием тянет меньшее плечо l_1 рычага 12 через ползун 19, вилки 28, трубы 27, вилки 29, ползун 18 меньшее плечо l_1 рычага 11, которое направлено противоположно дополнительным усилиям прижима меньшего плеча l_1 рычага 11. То есть

$$k \cdot DP = k \cdot Dl_1 \cdot c,$$

$$k \cdot DP = k \cdot DP_1,$$

$$k \cdot DP = Dl_2 \cdot c \cdot k.$$

Следовательно, сохраняется первоначальное усилие прижима

$$P_1 \cdot k = Dl \cdot c \cdot k.$$

На рис. 4 показана предлагаемая конструкция крепления двухплечих рычагов с опорой рабочего вала с помощью вилок.

При повороте рычага 11 через ползун 17 и вилки 40, крышки 26, стакан 21 сжимает упругий элемент 22, который в свою очередь через ползун 20 поворачивает двухплечий рычаг 12. Так как двухплечие рычаги 11 и 12 одинаковые, то и передаточные отношения плеч одинаковые. Следовательно, один конец рычага 12, через ползун 19, трубы 27, вилок 28, 29 и ползуна 18 действует на другой конец рычага 11 с такой же дополнительной силой, но направленной противоположно.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате разработки механизма прижима с обратной связью и его обсуждения выявлено, что разработанное прижимное устройство может обеспечить регулирование требуемого усилия прижима рабочих валов на обрабатываемый мокрый кожевенный полуфабрикат независимо от его неравномерных физико-механических свойств по топографическим участкам.

Выводы

В результате применения в производстве разработанного прижимного механизма:

- повышается равномерность отжима по всей неравномерной площади кож, что способствует улучшению качества в последующих технологических процессах, например, таких как разводка, двоение, строгание, и тем самым уменьшаются дефекты при механической обработке кожевенных полуфабрикатов;

- предлагаемая схема регулирования усилия прижима с обратной связью может использоваться и на других технологических машинах: при прокатке и глажении.

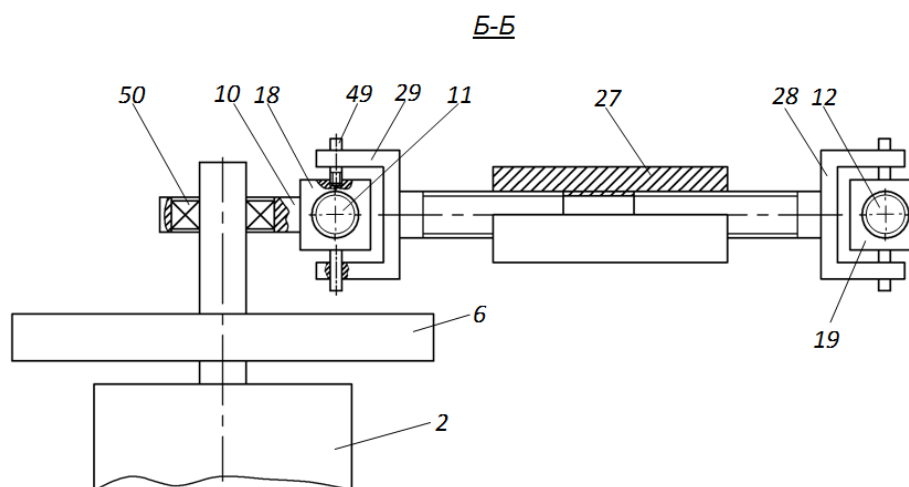


Рис. 4. Форма выполнения вилок (Б-Б)

Предлагаемый прижимной механизм с обратной связью можно эффективно использовать в новом способе [6], где механическим путем одновременно обрабатывается различное количество мокрых кож путем чередования с влагоотводящими материалами.

Данное устройство также может эффективно использоваться в качестве натяжного элемента в различных приводах с гибкими элементами, в частности ременными, зубчато-ременными, клиноременными и цепными.

Список литературы

1. Бурмистров А.Г. Машины и аппараты производства кожи и меха. М.: КолосС, 2006. 384 с.

2. Абдуллин И.Ш., Кулевцов Г.Н., Тихонова В.П., Рахматуллина Г.Р. Прижизненные, посмертные и технологические пороки и дефекты кожевенно-мехового сырья и готовых полуфабрикатов: учебное пособие. Казань: КНИТУ, 2013. 84 с.

3. Койайдаров Б.А., Койайдаров А.Б. Устройство для отжима влаги из кожи. Инновационный патент Республики Казахстан № 20998. 2009. Бюл. № 3.

4. Койайдаров Б.А., Сахыбаев Р.Т., Байешов Б.Т. Адаптивный прижимной вал для валковых механизмов кожевенных машин. Инновационный патент Республики Казахстан № 25754. 2012. Бюл. № 5.

5. Койайдаров Б.А., Байешов Б.Т., Инкаров Б.Г. Адаптивное валковое транспортирующее устройство для мездрильной машины. Инновационный патент Республики Казахстан № 20805. 2009. Бюл. № 2.

6. Аманов Т.Ю., Бахадиров Г.А., Цой Г.Н., Набиев А.М. Способ отжима влаги из мокрых кож. Патент Республики Узбекистан № IAP 04451. 2011. Бюл. № 12.

УДК 004.418:[004.89+351.85]

ПРОЕКТИРОВАНИЕ, ИНТЕГРАЦИЯ И РЕАЛИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМАТИЧЕСКИМИ ВИРТУАЛЬНЫМИ МУЗЕЯМИ

Ангаи С.*Санкт-Петербургский государственный университет, Санкт-Петербург,
e-mail: sajarwo@gmail.com*

В последнее время система виртуального музея становится популярной, многие музейные учреждения создают свою политику цифрового сохранения музейных данных, разрабатывают онлайн-сайты, демонстрируют виртуальные коллекции и создают выставки в различных СМИ, создавая тем самым новую форму представления и изучения музейной информации. Вместе с этим феномен цифровой трансформации предоставляет гораздо больше доступной информации, чем прежде, что порождает новые проблемы. Одна из них – помочь обычным посетителям виртуального музея с определением, где находится лучшая информация, которая им действительно необходима. Другая – развитие музейных онлайн-магазинов, которые могут стать для бизнеса новым рынком продаж продуктов, связанных с музейным контекстом. Для решения данных проблем автор разработал и внедрил автоматизированную систему управления тематическими виртуальными музеями (АСУ ТВМ), которая имеет универсальную конвертацию любых цифровых музейных данных, собственную индексную структуру, микросервисы и программные компоненты тематического моделирования. В данной работе приведены результаты работы АСУ ТВМ и ее качественной оценки 111 респондентами, где эксперимент показал, что среднее время отклика запросов по четырем основным компонентам АСУ ТВМ составляло 7 мс, что соответствует критериям времени отклика или задержки в микросервисах. Большая часть опрошенных респондентов по восьми основным параметрам качества системы ТВМ (51,61%) согласны с высоким качеством системы, 36,23% респондентов полностью согласны. Суммарная оценка по четырем категориям параметров показала 49,39% согласных и 38,75% полностью согласных пользователей, что в целом указывает на высокий уровень согласованности оценки со стороны респондентов разработанной автором АСУ ТВМ.

Ключевые слова: виртуальный музей, автоматизированная система управления, музейный экспонат, цифровая трансформация, тематические виртуальные музеи, микросервисы

DESIGN, INTEGRATION, AND IMPLEMENTATION OF THE AUTOMATED MANAGEMENT SYSTEM OF THEMATIC VIRTUAL MUSEUMS

Anggai S.*St. Petersburg State University, St. Petersburg, e-mail: sajarwo@gmail.com*

Nowadays, virtual museum become popular, many museum institutions are creating their policy of digital preservation of museum data, developing online sites, demonstrating virtual collections and creating exhibitions in various media, and thus creating a new form of presentation and study of museum information. Along with this, the phenomenon of digital transformation provides much more accessible information than before, which gives rise to new problems. One of them is to help ordinary visitors to a virtual museum with a definition of where is the best information they actually needed. Another one is the development of museum online stores, which can become a new market for selling products related to the museum context for business. To solve these problems, the author has developed and implemented an automated management system for thematic virtual museums (AMS TVM), which has a universal conversion of any digital museum data, index structure, microservices and program components of thematic modeling. In this paper, shows the results work of the AMS TVM and its qualitative assessment by 111 respondents, where the experimental results show the averages requests latency on four main components of the AMS TVM system was 7ms, which meets the criteria of response time or latency in microservices. The majority of the interviewed respondents on the eight main parameters of the quality of the TVM system (51.61%) agree with the high quality of the system, 36.23% of respondents strongly agree. The total score for four categories of parameters showed 49.39% agree and 38.75% strongly agree users, which generally indicates a high level of consistency of the respondents' assessment of the AMS TVM developed by the author.

Keywords: virtual museum, automated management system, museum exhibition, digital transformation, thematic virtual museums, microservices

Быстрое развитие информационных и коммуникационных технологий заставляет правительства, организации или институты переносить свои ресурсы на цифровую платформу и оцифровывать данные, содержащиеся в обычных документах. Эффект оцифровки – это цифровое преобразование, из-за которого объем данных увеличивается. Широко распространенная цифровая трансформация заставляет заинтересованные стороны изменять свою стратегию

и бизнес-модель, чтобы поддерживать конкурентоспособность.

В последнее время система виртуального музея становится популярной, многие музейные учреждения создают свою политику цифрового сохранения музейных данных, разрабатывают онлайн-сайты, демонстрируют виртуальные коллекции и создают выставки в различных СМИ, создавая тем самым новую форму представления и изучения музейной информации [1, 2].

Вместе с этим феномен цифровой трансформации предоставляет гораздо больше доступной информации, чем прежде, что порождает новые проблемы. Одна из них – помочь обычным посетителям виртуального музея с определением, где находится лучшая информация, которая им действительно необходима [3]. Другая – развитие музейных онлайн-магазинов, которые могут стать для бизнеса новым рынком продаж продуктов, связанных с музейным контекстом [4]. В данной работе приводится описание методов проектирования архитектуры автоматизированной системы управления тематическими виртуальными музеями (АСУ ТВМ), системы рекомендаций ТВМ, инструмента для пользовательской оценки, а также ставятся эксперименты по оцениванию респондентами (участниками) качества работы АСУ ТВМ.

Архитектура микросервисов АСУ ТВМ

Многие организации и компании с целью сокращения эксплуатационных расходов создают собственные центры обработки данных. Однако, по мере развития предприятия и роста объемов информации, ресурсы центров достигают заложенного в них предела, и компаниям делается трудно обойтись без покупки дополнительных ресурсов. В то же время облачные вычисления предлагают масштабируемые модели услуг по требованию, такие как «Инфраструктура как услуга» (IaaS), «Платформа как услуга» (PaaS) и «Программное обеспечение как услуга» (SaaS), которые реализуют развертывание ресурсов как общедоступного, частного или гибридного облака, в зависимости от требований клиента или бизнеса.

Национальный институт стандартов и технологий США (NIST) определил облачные вычисления как модель для обеспечения удобного сетевого доступа по требованию к общему пулу конфигурируемых вычислительных ресурсов, включая сети, серверы, хранилища, приложения и сервисы, которые могут быть быстро предоставлены с минимальными усилиями по управлению или взаимодействию с поставщиками услуг [5]. Облачные вычисления имеют много преимуществ перед традиционными, например стоимость, скорость, масштабируемость, производительность, эффективность и надежность.

Облачные провайдеры, такие как Google и Amazon, вывели облачные вычисления на первый план общественного сознания, они предлагают свои услуги в таких направлениях, как вычисление, хранение и доставка контента, базы данных, создание сетей, инструменты для разработчиков, управление безопасностью, аналитика, большие данные, машинное обучение и другие [6].

Раньше при разработке программного обеспечения в основном использовали сервис-ориентированную архитектуру (SOA), которая является результатом эволюции клиент-серверной модели. SOA предоставляет услугу по протоколу связи компонентов через сеть и опирается на простой тип Remote Procedure Calls. Часто используется, например, Simple Object Access Protocol (SOAP). Клиент в основном, используя стандартный язык общения (например, XML), взаимодействует посредством обмена сообщениями со связующим программным обеспечением, которое перенаправляет эти сообщения сервисам с различных типов [7]. Сервисы SOAP широко используют тяжеловесное промежуточное программное обеспечение для организации сервисов, таких как Сервисная шина предприятия (ESB) [8].

В [9] были описаны разработанные индекс и обслуживающий его небольшой сервис, названные «микросервисами». Идея микросервисов в настоящее время завоевала большую популярность по сравнению с традиционной идеей монолитной архитектуры. Большинство исследователей выбрали микросервисы для получения масштабируемости, быстрого реагирования, быстрого развертывания программного обеспечения, функционального разделения устойчивости, снижения затрат на ресурсы и т.п. [7].

Децентрализуя архитектуру приложения, разработчики программного обеспечения могут писать больше логики в микросервисах, а связь между сервисами упрощается с использованием протокола REST [8]. Основное различие между микросервисами и сервисами SOAP заключается в использовании промежуточного программного обеспечения для бизнес-процессов.

В полной реализации АСУ ТВМ применяется стиль архитектуры микросервисов, которая опирается на облачные вычисления, признаваемый как самый современный. Схема архитектуры микросервисов АСУ ТВМ показана на рис. 1.

Службы сервера фронтенд и бекенд АСУ ТВМ, показанные на рис. 1, полностью разработаны на языке программирования Go, где сервисные компоненты использовали сервисы облачного хранилища, которые могут легко подключаться, отключаться и автомасштабироваться, когда требуется пространство для хранения. Служба сервера фронт-серверов АСУ ТВМ отвечает за обработку запросов и дает ответы пользователям, служба взаимодействует с ними в общедоступной сети, без ограничений. С учетом проблемы безопасности, сервисы сервера бекенд АСУ ТВМ установлены только в частной сети [10].

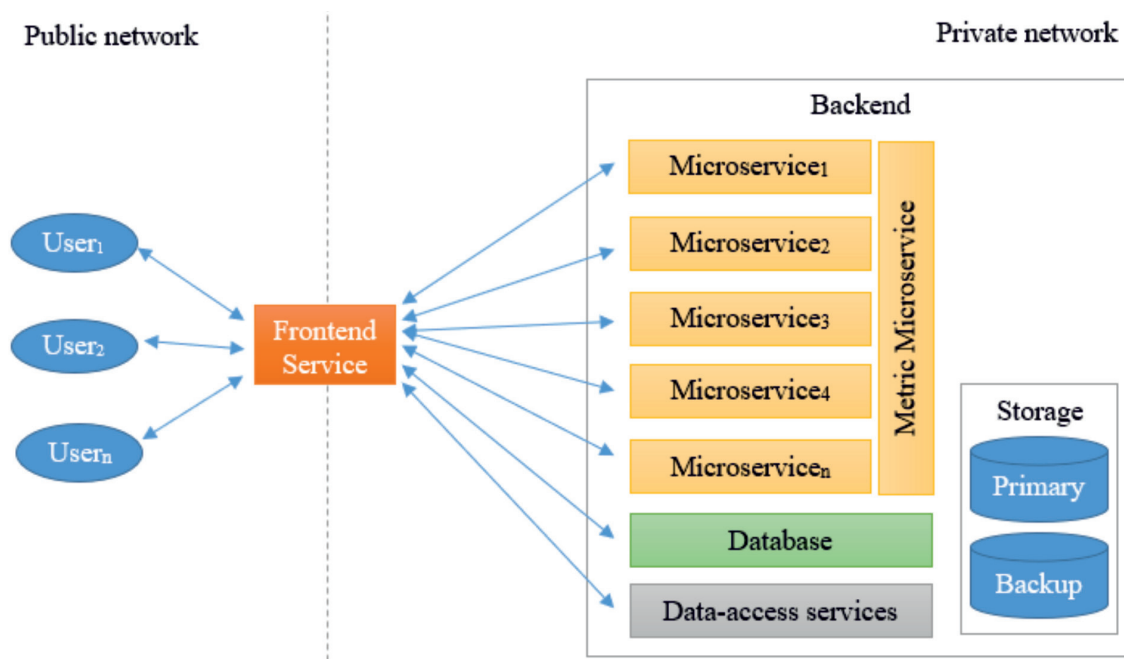


Рис. 1. Архитектура системы ACU TVM

Бекенд-сервисы ACU TVM состоят из небольших микросервисов, которые объединяются и интегрируются со службами тематического моделирования музейного контента, индексов, доступа к данным, сервера баз данных и облачного хранения. Доступ к функциональным возможностям микросервисов вышеуказанных служб обработки информации выполняется посредством программного интерфейса API, который предоставляет ACU TVM. Поскольку наша комплексная система была разделена на микросервисы, метрические службы мониторинга и записи информации о поведении пользователей по запросам (количество кликов по результатам, выбор тематики, количество запросов и др.) были интегрированы в систему как отдельный микросервис для возможности быстрого обмена с другими компонентами системы.

Через интерфейс фронтенда пользователь может напрямую вводить ключевые слова для поиска информации в коллекциях ACU TVM, это действие будет обрабатываться микросервисами независимых индексов, которые объединяются с функциональными модулями, такими как TF-IDF и VSM на бекенд-сервере. Микросервисы индексов обрабатывают любой запрос пользователя, а затем сохраняют верхние N элементов списка наиболее подходящих коллекций документов в кэш (временно)

и возвращают в качестве ответа в соответствующем формате JSON.

Архитектура ACU TVM распределенная и дает возможность для обработки многих запросов пользователя, используя автоматическую масштабируемую инфраструктуру с помощью сетевых и прикладных программ балансировки нагрузки.

Система рекомендации TVM

За процедуру поиска информации отвечает рекомендательная система. Можно условно выделить три метода рекомендации: контентно-ориентированные (CB) (рекомендуют статьи или товары на основе похожести ранее выбранных конкретными пользователем объектов), коллаборативная фильтрация (CF) (помогают людям принимать решение на основе мнений других людей, которые имеют схожие интересы) и гибридные (комбинация предыдущих методов) [11, 12].

Поскольку ACU TVM фокусируется на выдаче тематического контента коллекций документов в виртуальном музее, то для предоставления конкретному пользователю релевантных для него тематических данных ACU TVM использует фильтрацию CB. Преимуществом CB является независимость от данных пользователя, рекомендация предоставляется только на основе содержимого документа [13]. Для обработки информации о музейной коллекции и определения кон-

кретных тем ТВМ выполняет классификацию каждого документа в базе данных и индексе, исходя из предположения, что коллекция документов принадлежит только одной теме.

Для предсказания интересов пользователя был создан профиль пользователя под названием *term based profile* [14], в котором содержатся термины документов как признак для отслеживания и записи скрытого пути просмотра пользователем документов в коллекции. Данный признак используется для решения проблемы первого запуска (Cold start) при рекомендации на основе СВ фильтрации, когда информация в профиле пользователя отсутствует. В этом случае рекомендательная система предоставляет несколько тем, которые были выявлены службами ТВМ. В случае первого визита и регистрации пользователя АСУ ТВМ предоставляет ему перечень сгенерированных тем, которые его могут заинтересовать. Система рекомендаций разработана по схеме на рис. 2.

На рис. 2 показана страница рекомендаций АСУ ТВМ при самом первом входе пользователя в систему. На странице рекомендаций 5 категорий, рекомендуемых коллекции:

а) «потому что вы заинтересовались темой» (рекомендованы темы, посещенные большинством пользователей);

б) «выбор лучших коллекций для вас» (рекомендованы коллекции, основанные на списке лучших коллекций, посещенных большинством пользователей);

в) «трендинг коллекций» (рекомендованы топ лучших коллекций пользователями ТВМ);

г) «трендинг тем» (рекомендованы топ лучших тем пользователями ТВМ);

д) «популярные коллекции для вас» (рекомендованы топ лучших коллекций для конкретного пользователя).

Страница с подробной информацией о коллекциях ТВМ (TVM detail collection page), как показано на рис. 2, содержит две категории, которые рекомендуют информацию:

а) похожие коллекции (рекомендованы текущие похожие локальные тематические коллекции или наиболее схожие с текущей тематикой посещенной коллекции);

б) тема, которой вы могли бы заинтересоваться (предлагаются подходящие темы коллекции, основанные на симметричной мере расхождения Дженсена – Шеннона [15–17]).

Оценка АСУ ТВМ

Для оценивания общей работы АСУ ТВМ была проведена внутренняя оценка и оценка с точки зрения пользователя. Пользовательская оценка АСУ ТВМ производилась путем предоставления вопросов для определения пользовательского опыта. Восприятие пользователя становится ключевым показателем того, насколько эффективна интеллектуальная АСУ ТВМ. Пользовательская оценка позволяет понять, как и почему работают или не работают все разработанные сервисы АСУ ТВМ. Данная оценка может быть использована для улучшения и развития ТВМ в будущем.

В качестве пользовательской оценки используется унифицированный фреймворк под названием ResQue, предложенный в работе [18]. ResQue фреймворк основан на использовании принципов моделей оценки удобства использования (таких как модель принятия решений (TAM), оценки практической программности обеспечения (SUMI)) и психометрических методов [18]. На основе фреймворка ResQue была составлена онлайн-анкета ТВМ, которая состоит из четырех частей:

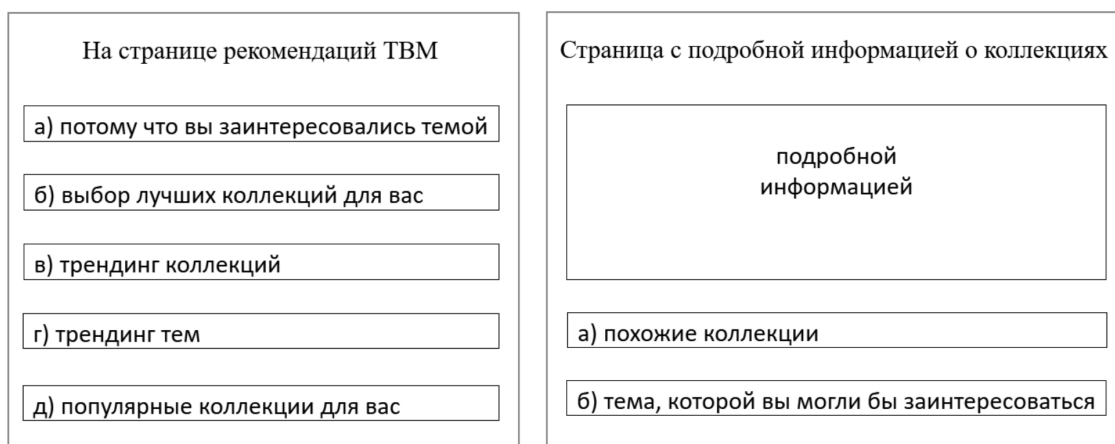


Рис. 2. Страница рекомендаций АСУ ТВМ

1. Воспринимаемые качества системы (Perceived Quality). К нему относятся такие качественные рекомендации, как воспринимаемая точность, новизна, привлекательность, разнообразие, контекстная совместимость, адекватность интерфейса, адекватность взаимодействия, достаточность и объяснимость информации.

2. Убежденность пользователей (User beliefs). Параметры для измерения эффективности АСУ ТВМ, такие как простота использования, восприятие полезности, контроля и прозрачности.

3. Отношение пользователя (User Attitudes). Относится к удовлетворенности и доверию пользователей, основанным на всех качествах системы и предлагаемых услугах.

4. Поведенческие намерения (Behavioral Intention). Сосредоточены на том, что пользователь будет делать после того, как использовал систему, например, намерение продолжить работу с системой; рекомендовать своим родственникам или другу; уделять больше внимания предметам/темам, предлагаемым АСУ ТВМ.

Четыре части в онлайн-анкетах ТВМ разделены на восемь показателей качества: качество системы, адекватность взаимодействия, адекватность интерфейса, воспринимаемая легкость использования, воспринимаемая полезность, контроль и прозрачность, отношение пользователей и поведенческие намерения. Было сформулировано в общей сложности 33 вопроса, которые использовались для проверки АСУ ТВМ в целом с точки зрения пользователя.

Эксперименты

Был поставлен эксперимент по оценке функциональности АСУ ТВМ. Была использована облачная инфраструктура Google, расположенная в азиатском регионе Юго-Восточной Азии 1-b, с аппаратными характеристиками были процессоры Intel Xeon E5 v4 (Broadwell) 2,2 ГГц, память 3,7Gb и дисковый накопитель 20Gb. Документы использовались в этом эксперименте на основе корпуса ТВМ, который содержал информацию о 23 485 музейных экспонатах и 20 951 термине (минимум 2 слова, содержащиеся в каждом документе в таблице).

С 5 по 15 марта 2018 г. в Региональном открытом учебном центре Министерства образования стран Юго-Восточной Азии (страна Индонезия) подразделения по обеспечению информационных технологий и публичной онлайн-оценке была проведена оценка качества разработанной интеллектуальной АСУ ТВМ. Этот эксперимент прошел полную онлайн-оценку через веб-сайт ТВМ с 111 участниками, зарегистрированными в системе.

В первой части эксперимента проводилась внутренняя оценка АСУ ТВМ, в рамках которой были созданы 100 тем, используемые в качестве меток кластеров документов. В целях проведения онлайн-эксперимента участникам ставились такие задачи, как изучение тематических музейных коллекций (от 1 до 100 тем) с выбором нескольких интересных, изучение рекомендованных коллекций, поиск информации о коллекции по любым ключевым словам на рекомендованных страницах коллекций.

Во внутренней оценке АСУ ТВМ была подсчитана информация о времени обработки запросов пользователей системой путем записи и вычисления задержки при подключении внешних интерфейсов ТВМ и бекенд-сервиса, как показано на рис. 3.

АСУ ТВМ через внешний сервер выполняет запросы от клиентов по исследованию тематики музейного экспоната и рекомендует тематическую коллекцию. На рис. 3, а, показано, что среднее время ожидания запросов, когда пользователи получают доступ к исследованию рекомендованных коллекций, составляет 10 мс. На рис. 3, б, показано, что среднее время ожидания запросов, когда пользователи получают доступ к темам поиска, составляет 4 мс. На рис. 3, в, показано, что среднее время ожидания запросов, когда пользователи получают доступ к деталям коллекции, составляет 6 мс. На рис. 3, г, показано среднее время ожидания запросов, когда пользователи просматривают информацию на странице поиска, составляет 3 мс. Среднее время обработки запросов по четырем основным компонентам АСУ ТВМ составило 7 мс. Этот эксперимент показал, что интеллектуальная АСУ ТВМ соответствует критериям времени отклика или задержки в микросервисах [19].

Во второй части эксперимента проводилась пользовательская оценка системы ТВМ. Чтобы оценить АСУ ТВМ с точки зрения пользователя, использовался явный метод, который напрямую спрашивает пользователей об их реакциях на систему [20]. В процессе оценивания системы для каждого пользователя была подготовлена страница вопросников ТВМ и форма анкеты для заполнения. Шкала Ликерта использовалась для измерения респондента в вопросах ТВМ, которая объединила схожие вопросы в единую оценку. Формат шкалы Ликерта задается пятью уровнями отношения пользователя к системе: 1) «Полностью не согласен», 2) «Не согласен», 3) «Где-то посередине», 4) «Согласен» и 5) «Полностью согласен». Шкала Ликерта для единственного вопроса – это расчет частоты ответа, в то время как групповые вопросы используют среднее значение частоты ответа при обработке восьми сегментов или четырех частей вопросников ТВМ.

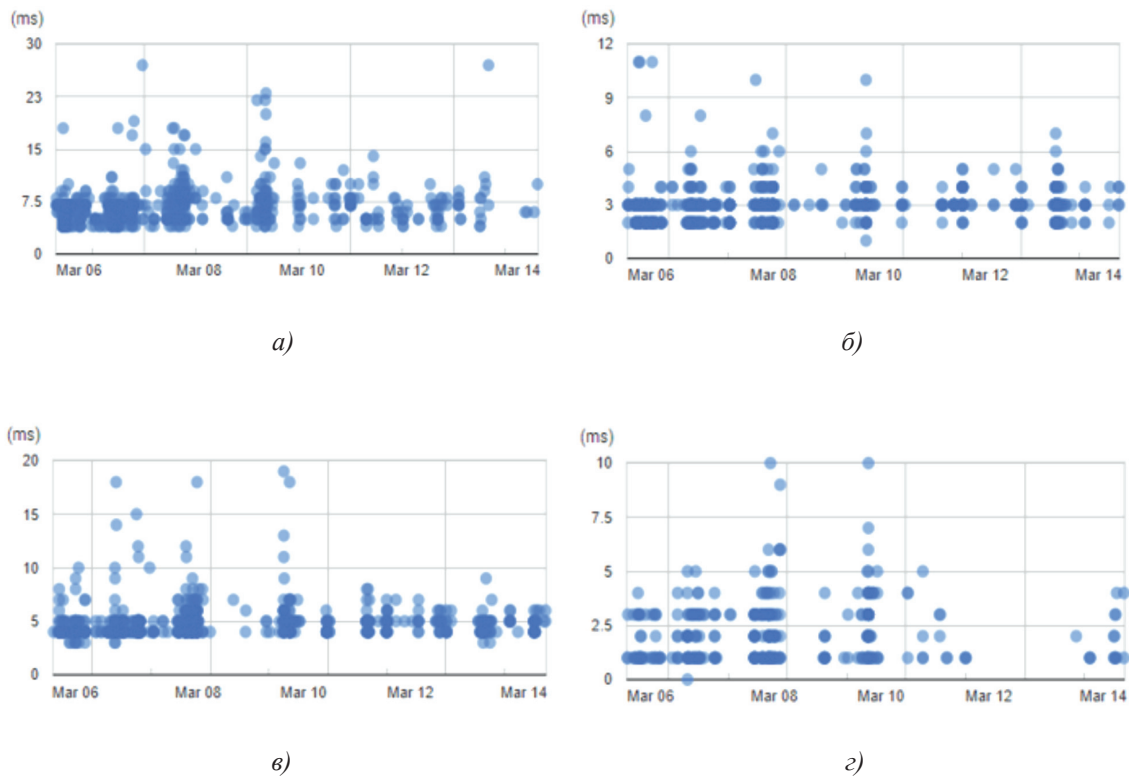


Рис. 3. Задержка от фронтенд к бекенд сервера

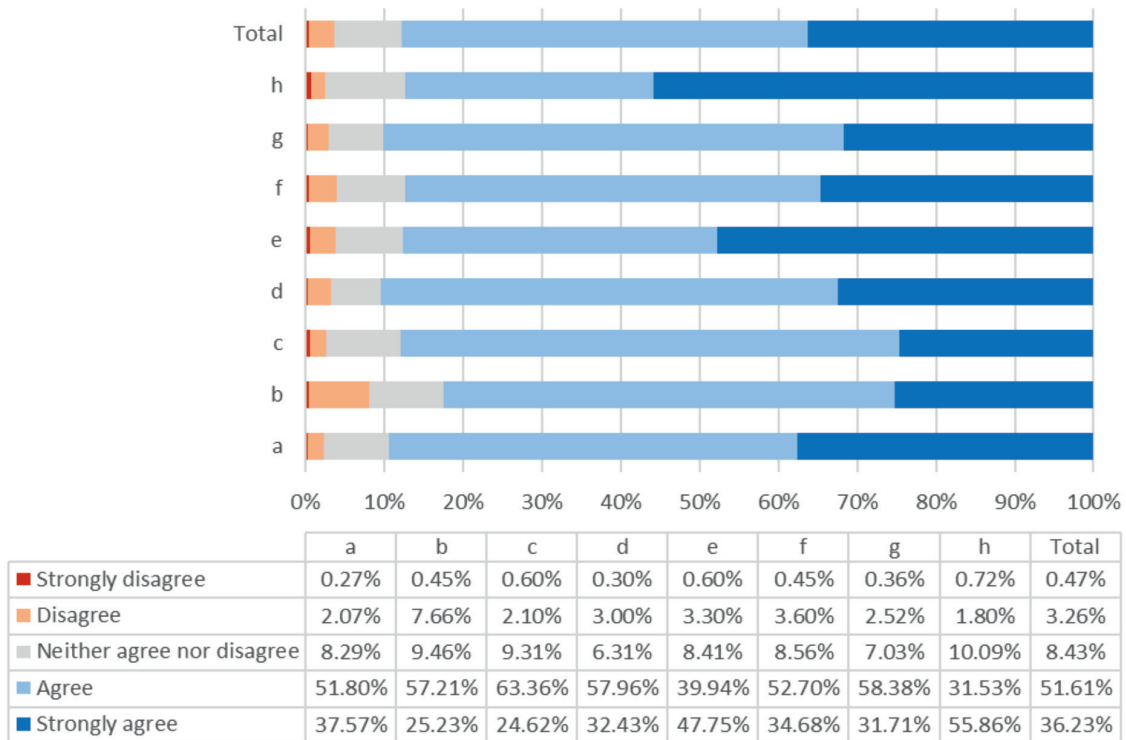


Рис. 4. Процентная оценка вопросников TBM по восьми показателям качества

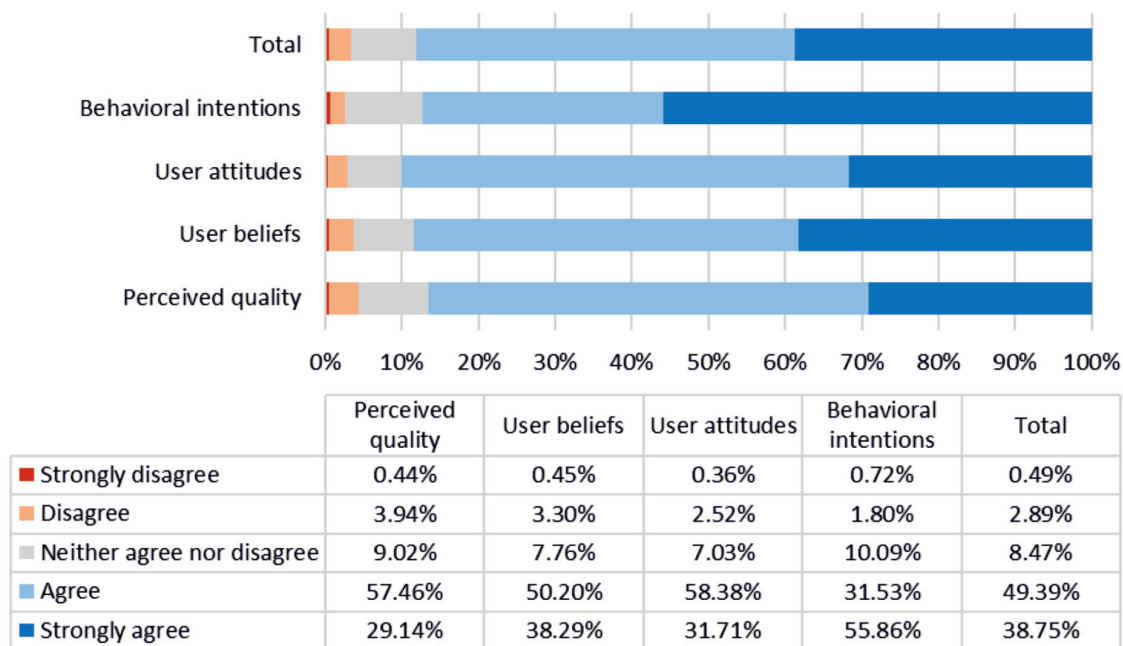


Рис. 5. Процентная оценка вопросников ТВМ по четырем группам

На рис. 4 показаны результаты оценок по следующим 8 качественным показателям: (а) качества системы, (b) адекватности взаимодействия, (c) адекватности интерфейса, (d) воспринимаемой легкости использования, (e) воспринимаемой полезности, (f) контроля и прозрачности, (g) отношения пользователей и (h) поведенческих намерений. В целом большая часть опрошенных респондентов 51,61% «Согласны» с высоким качеством выдаваемых результатов АСУ ТВМ, 36,23% респондентов – «Полностью согласны». Только 8,43% респондентов заявили «Где-то посередине», 3,26% «Не согласны» и 0,47% «Полностью не согласны».

Общая процентная оценка АСУ ТВМ по четырем категориям онлайн-анкеты ТВМ представлена на рис. 5.

На рис. 5 показаны суммарные результаты по четырем категориям параметров: поведенческие намерения, отношение пользователей, убежденность пользователей и воспринимаемое качество. Наибольшая часть опрошенных респондентов (49,39%) выбрали «Согласны», 38,75% «Полностью согласны». Только 8,47% респондентов заявили «Где-то посередине», 2,89% «Не согласны» и 0,49% «Полностью не согласны». Была проверена достоверность вопросников ТВМ по показателю альфа Кронбаха [21], значение которого составило 0,95, что указывает на высокую внутреннюю согласованность результатов анкетирования АСУ ТВМ.

Заключение

В данной работе были описаны архитектура АСУ ТВМ, система рекомендаций ТВМ, инструмент для пользовательской оценки, а также проведена оценка качества работы АСУ ТВМ в процессе ее внедрения в Региональный открытый учебный центр Министерства образования стран Юго-Восточной Азии (страна Индонезия).

Результаты оценки системы показали, что среднее время отклика запросов по четырем основным компонентам АСУ ТВМ составляло 7 мс, разработанная интеллектуальная система АСУ ТВМ соответствует критериям времени отклика или задержки в микросервисах.

Большая часть опрошенных респондентов по восьми основным параметрам качества системы ТВМ (51,61%) согласны с высоким качеством системы, 36,23% респондентов полностью согласны. Суммарная оценка по четырем категориям параметров показала 49,39% согласных и 38,75% полностью согласных пользователей, что в целом указывает на высокий уровень согласованности оценки со стороны респондентов разработанной автором АСУ ТВМ.

Список литературы

1. Lord B., Piacente M. Manual of Museum Exhibitions. 2nd Edition. Maryland: Rowman & Littlefield Publisher. 2014. P. 28–29.
2. Falk J.H. Identity and the Museum Visitor Experience. California: Left Coast Press. 2009. P. 51.

3. Biedermann B. Virtual museums as digital collection complexes. A museological perspective using the example of Hans-Gross-Kriminalmuseum. *Museum Management and Curatorship*. Abingdon: Routledge. 2017. vol. 32. issue 2. P. 281–297.
4. Delgado M.J.B.L., Albuquerque M.H.F. Sustainable Museographies – The Museum Shops. *Procedia Manufacturing*. Amsterdam: Elsevier B.V., 2015. vol. 3. P. 6414–6420.
5. Wang C., Wood L.C., Abdul-Rahman H., Lee Y.T. When traditional information technology project managers encounter the cloud: Opportunities and dilemmas in the transition to cloud services. *International Journal of Project Management*. Amsterdam: Elsevier. 2016. vol. 34. issue 3. P. 371–388.
6. Hyseni L.N., Ibrahim A. Comparison of the cloud computing platforms provided by Amazon and Google. 2017 Computing Conference. London: IEEE. 2017. P. 236–243.
7. Salah T., Zemerly M.J., Yeun C.Y., Al-Qutayri M., Al-Hammadi Y. The evolution of distributed systems towards microservices architecture. 2016 11th International Conference for Internet Technology and Secured Transactions (ICITST). Barcelona: IEEE. 2016. P. 318–325.
8. Shadija D., Rezaei M., Hill R. Towards an Understanding of Microservices. 2017 23rd International Conference on Automation and Computing (ICAC). Huddersfield: IEEE. 2017. P. 1–6.
9. Anggai S., Blekanov I.S., Sergeev S.L. Index Data Structure, Functionality, and Microservices in Thematic Virtual Museums. *Vestnik 10 Applied Mathematics*. Computer Science. Control Processes. Saint Petersburg: Saint Petersburg State University. 2018. vol. 10. issue 1. P. 31–39.
10. Manning C. D., Raghavan P., Schütze H. *Introduction to Information Retrieval*. N.Y.: Cambridge University Press. 2008. P. 1–138.
11. Adomavicius G., Tuzhilin A. Toward the next generation of recommender systems: a survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*. 2005. vol. 17. no. 6. P. 734–749.
12. Lu J., Wu D., Mao M., Wang W., Zhang G. Recommender system application developments: a survey. *Decision Support Systems*. 2015. vol. 74. P. 12–32.
13. Lops P., Gemmis M., Semeraro G. *Content-based Recommender Systems: State of the Art and Trends*. *Recommender Systems Handbook*. Boston: Springer U.S. 2011. P. 73–105.
14. Chen L., Chen G., Wang F. Recommender systems based on user reviews: the state of the art. *User Modeling and User-Adapted Interaction*. Netherlands: Springer. 2015. vol. 25. issue 2. P. 99–154.
15. Heinrich G. Parameter estimation for text analysis. Leipzig: University of Leipzig. 2004. P. 1–31.
16. Steyvers M., Griffiths T. Probabilistic topic models. *Latent Semantic Analysis: A Road to Meaning*. New Jersey: Lawrence Erlbaum. 2007. P. 1–15.
17. Hall D., Jurafsky D., Manning C. D. Studying the history of ideas using topic models. *Proceedings of the Conference on Empirical Methods in Natural Language Processing*. Hawaii: Association for Computational Linguistics. 2008. P. 363–371.
18. Pu P., Chen L., Hu R. A user-centric evaluation framework for recommender systems. *Proceedings of the fifth ACM conference on Recommender systems*. Chicago: ACM. 2011. P. 157–164.
19. Newman S. *Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems*. California: O'Reilly Media. 2015. ed. 1. P. 55.
20. Herlocker J.L., Konstan J.A., Terveen L.G., Riedl J.T. Evaluating collaborative filtering recommender systems. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*. N.Y.: ACM. 2004. vol. 22. issue 1. P. 5–53.
21. Taber K.S. The use of Cronbach's alpha when developing and reporting research instruments in science education. *Research in Science Education*. 2017. P. 6.

УДК 004.4:378

ПЕРСПЕКТИВЫ СОЗДАНИЯ ЕДИНОЙ ИНФОКОММУНИКАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ ПРИЁМА В ВУЗЫ РОССИИ

Андронов В.Г., Пыхтин А.И., Шевцов А.Н., Коптев Д.С., Щитов А.Н.

ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», Курск, e-mail: aipykhtin@swsu.ru

В статье рассмотрены проблемы, с которыми сталкиваются абитуриенты при приеме в высшие учебные заведения в современных условиях: необходимость принятия решений в условиях неопределенности, сжатые временные рамки при перемещении между выбранными вузами. Предложен подход к решению данных проблем, заключающийся в создании единой инфокоммуникационной системы, интегрирующей информационные ресурсы приёмных комиссий всех вузов Российской Федерации с порталом государственных и муниципальных услуг. Для обслуживания абитуриентов предлагается использовать сеть многофункциональных центров предоставления государственных и муниципальных услуг. Предлагаемый подход предоставит абитуриентам возможность удаленным способом оперативно изменять свои решения без личного посещения приёмных комиссий, при этом его реализация не требует существенных затрат со стороны вузов или Минобрнауки России. Создание единой системы поступления в вузы повысит открытость и доступность приемной кампании на программы высшего образования, позволит более объективно распределить поступающих между вузами, максимально удовлетворив их пожелания в соответствии с набранными баллами по результатам вступительных испытаний. В создании единой инфокоммуникационной системы поступления в вузы заинтересованы не только абитуриенты и их родители, получающие оперативную информацию о ходе набора и своих шансах на поступление в вуз, но и руководство вуза, которому необходима оперативная информация для анализа хода приемной кампании и стратегического планирования, а также сотрудники технического аппарата приемной комиссии, получающие эффективные инструменты для выполнения должностных обязанностей и принятия локальных оперативных решений.

Ключевые слова: абитуриент, приемная комиссия, вуз, инфокоммуникационная система

PROSPECTS OF CREATING A UNIFIED INFORMATION AND COMMUNICATION SYSTEM FOR ADMISSION TO RUSSIAN UNIVERSITIES

Andronov V.G., Pykhtin A.I., Shevtsov A.N., Koptev D.S., Schitov A.N.

Southwest State University, Kursk, e-mail: aipykhtin@swsu.ru

The article deals with the problems faced by applicants for admission to higher education institutions in modern conditions: the need for decision-making under uncertainty, the compressed time frame when moving between selected universities. An approach to solving these problems is proposed, which consists in creating a unified information and communication system that integrates information resources of admission commissions of all universities of the Russian Federation with the portal of state and municipal services. To serve applicants, it is proposed to use a network of multifunctional centers for the provision of state and municipal services. The proposed approach will provide applicants with the opportunity to remotely quickly change their decisions without a personal visit to the admission Committee, while its implementation does not require significant costs from universities or the Ministry of education and science of Russia. The creation of a unified system of admission to universities to increase the openness and accessibility of the admission campaign for higher education programs will allow more objective distribution of applicants between universities, as much as possible to satisfy their wishes in accordance with the scores on the results of entrance examinations. In creating a unified information and communication system of admission to universities are interested not only applicants and their parents who receive timely information about the recruitment process and their chances of admission to the University, but also the University management, who need operational information to analyze the course of the admission company and strategic planning, as well as the staff of the technical staff of the selection Committee, receiving effective tools for the performance of duties and local operational decisions.

Keywords: entrant, entrance examination, university, info communication system

Действующий на сегодняшний день порядок приема в вузы по программам высшего образования является весьма сложным для понимания абитуриентами, несмотря на то, что его целью является обеспечение высокой открытости и прозрачности процедуры приема. Основным источником информации для абитуриентов в соответствии с действующим законодательством является официальный сайт вуза в сети Интернет, на котором публикуются в обязательном порядке сведения о правилах приема, количестве бюджетных и платных мест, и так далее. Также в течение всего периода вре-

мени со дня подачи заявлений о приеме и до момента зачисления вуз обязан ежедневно публиковать рейтинг-списки абитуриентов. Рейтинг-список – это ранжированный по убыванию суммы конкурсных баллов перечень абитуриентов, претендующих на поступление на одно и то же направление подготовки (специальность), форму обучения, основу обучения. Зная свою позицию в этих рейтинг-списках и известное количество мест по соответствующим направлениям подготовки, абитуриент должен определиться с местом обучения и направлением подготовки и подать заявление о согласии

на зачисление с приложением оригинала документа о предыдущем образовании. Только в этом случае он может претендовать на поступление.

В соответствии с существующим порядком приема в вузы абитуриент может подать заявление о приеме на бюджетные места не более чем в 5 вузов и не более чем на 3 направления подготовки бакалавриата или специальности в каждом вузе. При этом поступающему можно выбрать для указанных 15 комбинаций различные формы обучения и категории поступления (без вступительных испытаний, в пределах целевой или особой квоты, по общему конкурсу) при наличии соответствующих оснований. Сложность принятия в этих условиях решения о подаче согласия на зачисление заключается в том, что в большинстве случаев результат зачисления в высшее учебное заведение зависит от неизвестного для любого абитуриента выбора других абитуриентов.

Для иллюстрации этой проблемы рассмотрим ряд возможных ситуаций, возникающих при наиболее простом варианте, когда абитуриент подаёт документы для поступления только в два вуза: А и Б. Пусть приоритетом для поступающего является возможность его обучения в вузе Б. Если по предварительным рейтинг-спискам станет ясно, что он гарантированно попадает в число 80 процентов, поступающих по общему конкурсу в вуз Б, то решение абитуриента и его результат однозначны уже на первом этапе зачисления: в случае подачи согласия абитуриент будет зачислен на обучение в вуз Б.

Совсем иная ситуация возникает, если поступающий не входит в 80% лимит рейтинг-списка вуза Б. Поскольку абитуриент не может точно предсказать действия других поступающих с большей суммой конкурсных баллов, при условии подачи согласия на зачисление в вуз Б он рискует не пройти по конкурсу на обучение в оба учебных заведения. Если при этом абитуриент принимает решение подать согласие на зачисление в вуз А, то вполне может оказаться, что он мог пройти по конкурсу и в вуз Б, так как не все его конкуренты дали согласие на зачисление или же кто-то отказался от зачисления (отозвал свое заявление о приеме в связи с выбором иного вуза). Аналогичные риски остаются и на втором этапе зачисления, на котором происходит заполнение 100 процентов мест.

Рассматриваемая проблема усложняется наличием ряда ограничений. Возможность последующего обучения абитуриента в желаемом вузе зачастую решается отрицательно не потому, что он не прошел

конкурсный отбор, а вследствие жестких сроков подачи оригиналов документов. Поскольку вузы, в которые подаются документы, могут находиться в разных регионах России, абитуриенты и их родители вынуждены перемещаться между вузами и городами, забирая оригиналы документа об образовании из одной приемной комиссии и передавая их в другую. При этом абитуриентам разрешается пользоваться услугами почтовых операторов и курьерскими службами доставки, но это не решает принципиально вопрос об оперативности реагирования при принятии решения. Как правило, результат зачисления определяется в последние часы или минуты, отведенные для подачи согласия на зачисление порядком приема, когда переместить оригинал документа об образовании не представляется возможным. Например, абитуриент заходит на сайт и видит, что в «желаемом» вузе стоящие выше него в рейтинг списке абитуриенты отказались от зачисления, а до зачисления остаются считанные часы. Абитуриент имеет желание и, самое главное, возможность поступить туда, куда он хочет, но он просто физически не успевает оказаться в нужном вузе для предоставления оригинала документов.

Цель исследования: разработка принципов создания и функционирования единой инфокоммуникационной системы (ЕИС) приема в вузы (ПЗ), обеспечивающей возможность подачи абитуриентом заявления о согласии на зачисление в вуз без посещения приёмных комиссий. Особенностью предлагаемого подхода является возможность его последовательной реализации вначале в рамках отдельных субъектов Российской Федерации, а потом и всей страны в целом [1, 2].

Материалы и методы исследования

В этой связи представляется, что возможны два пути для совершенствования нынешней системы поступления в вузы. Первый связан с отменой требования о необходимости предоставления именно оригинала документов, второй – с созданием механизма мгновенной передачи оригиналов документов абитуриента из вуза в вуз. Очевидно, что первый путь невозможен без изменения нормативно-правовой базы. Кроме того, необходимость предоставления оригинала служит дополнительным инструментом контроля, препятствующим незаконному получению гражданами двух и более высших образований за счет бюджетных средств. А вот способы реализации второго пути вполне возможны при незначительной модификации существующего порядка зачисления в вузы, например, на основе использования современных телекоммуникационных интернет-технологий и существующей инфраструктуры электронного предоставления государственных и муниципальных услуг в России.

Результаты исследования и их обсуждение

Основой ЕИС ПЗ может стать модифицированная версия федеральной информационной системы (ФИС) обеспечения проведения государственной итоговой аттестации (ГИА) обучающихся, освоивших основные образовательные программы основного общего и среднего общего образования, и ФИС приема граждан в образовательные организации для получения среднего профессионального и высшего образования и региональных информационных системах обеспечения проведения государственной итоговой аттестации обучающихся, освоивших основные образовательные программы основного общего и среднего общего образования (далее ФИС ГИА и приема). Первым этапом перехода к такой централизованной системе без существенного изменения законодательной базы может стать интеграция информационных систем вузов с ФИС ГИА и приема (которая является обязательной), но и с порталом государственных и муниципальных услуг (<https://www.gosuslugi.ru>) и сетью многофункциональных центров. При этом взаимодействие с органами, предоставляющими государственные услуги, или органами, предоставляющими муниципальные услуги, осуществляется многофункциональным центром без участия заявителя [3].

Основная цель построения взаимодействия вузов с порталом госуслуг и сетью МФЦ – освобождение абитуриента от необходимости самостоятельного перемещения оригинала документа об образовании между выбранными им вузами. Для реализации данной меры потребуется разработать регламент соответствующей государственной услуги, соответствующее приложение на портале госуслуг, а также форматы его автоматизированного взаимодействия с информационными системами вузов. Подразумевается, что абитуриент сможет заполнить заявление о приеме на портале госуслуг самостоятельно или в ближайшем МФЦ. В МФЦ при этом он сдает оригинал своего документа об образовании и других документов (при необходимости). Далее абитуриент сможет управлять своими заявлениями о приеме в вузы с помощью личного кабинета на портале госуслуг. В тот момент, когда абитуриент даст свое согласие на зачисление в определенный вуз на конкретную специальность, форму обучения, категорию приема, МФЦ автоматически перешлет службой курьерской доставки или иным способом комплект сданных поступающим документов в соответствующий вуз. Естественно, что при оказании такой услу-

ги потребуется установить уплату государственной пошлины для покрытия расходов на пересылку документов. Ориентировочный размер пошлины не превысит при этом 1000 рублей, что в разы меньше, чем затраты абитуриентов и его родителей при личном перемещении между вузами. При этом подразумевается, что принимающий вуз учтет наличие оригинала документа об образовании абитуриента, как только поступающий подаст заявление о согласии в приложении на портале госуслуг. МФЦ в данной ситуации выступает гарантом передачи оригинала в вуз. Отметим, что данная услуга сможет заинтересовать и иностранных абитуриентов. На территории иностранных государств указанную функцию могут осуществлять не МФЦ, а посольства или подчиненные им структуры.

Примерная структурно-функциональная схема предлагаемого приложения представлена на рис. 1.

Дополнительное преимущество предлагаемого подхода состоит в том, что абитуриенты смогут подать электронное заявление, сдать в МФЦ оригиналы документов и уехать в любую точку мира (например, с целью летнего отдыха), где есть доступ к сети Интернет, чтобы дистанционно управлять процессом своего поступления. Отметим, что текущие возможности портала госуслуг позволяют, во-первых, обеспечить защищенную обработку персональных данных абитуриента, во-вторых, проверить результаты ЕГЭ поступающего, паспортные данные. В приложении можно реализовать и автоматическое принятие решения о подаче абитуриентом согласия на зачисление, если поступающий укажет приоритеты для каждого из выбранных им вузов и каждого выбранного им направления подготовки (специальности). В таком случае система автоматически будет давать согласие на зачисление в порядке убывания приоритетов поступающего. Иными словами, если абитуриент в соответствии с информацией, представленной из вуза, проходит по конкурсу на первое указанное им направление подготовки, то согласие автоматически посылается именно туда. Если абитуриент не прошел по конкурсу на первое направление, но прошел на второе, то система принимает решение отправить абитуриента на второй приоритет и т.д. Указанный подход позволит в перспективе отказаться от ограничений по количеству вузов (не более 5), направлений подготовки в каждом вузе (не более 3) и этапов зачисления (все абитуриенты распределяются автоматически за 1 этап, причем оптимальным образом, если будет использован соответствующий алгоритм [2, 4].

Рис. 1. Форма для авторизации абитуриента и подачи документов в вуз

После завершения электронной подачи заявления о приеме сведения об абитуриенте направляются в каждый выбранный им вуз, а в личном кабинете пользователя появляется рейтинговая таблица, которая в зависимости от расставленных приоритетов отображает выбранные вузы и направления подготовки/специальности (рис. 2).

Абитуриент должен осознавать, что формируемый им самим рейтинг вузов позволит ему поступить в вуз, стоящий первым в списке, только при наличии достаточного количества конкурсных баллов. В выстраиваемом абитуриентом рейтинге условный оригинал документа об образовании (согласие на зачислении) может перемещаться от одного вуза к другому в зависимости от рейтинг-таблицы, сформированной абитуриентом в личном кабинете на данный момент времени.

Внедрение описываемой технологии приема документов от абитуриентов позволит облегчить работу приемных комиссий, даст возможность абитуриентам оперативно

отслеживать свои позиции в рейтинг-списках всех выбранных им вузов и изменять приоритеты без необходимости посещения приёмной комиссии конкретного вуза. В случае, если абитуриент желает поступить в вуз № 4, а не вуз № 2, ему следует поменять местами приоритеты вузов (рис. 3).

Необходимым элементом описываемой системы должен стать «день тишины» это период времени, в течение которого абитуриенты не могут менять рейтинговые списки в личных кабинетах, но обязаны подать оригиналы своих документов. При этом после «дня тишины» абитуриент, подавший документы, может изменить свою таблицу приоритетов. В период после «дня тишины» и до момента зачисления абитуриент обязан дать согласие на зачисление в те вузы, которые стоят в его окончательном рейтинговом списке, причём его поступление будет зависеть от порядка зачисления, описанного выше. Так же абитуриент может отказаться от зачисления и уйти на «вторую волну» (при действующем порядке приема).

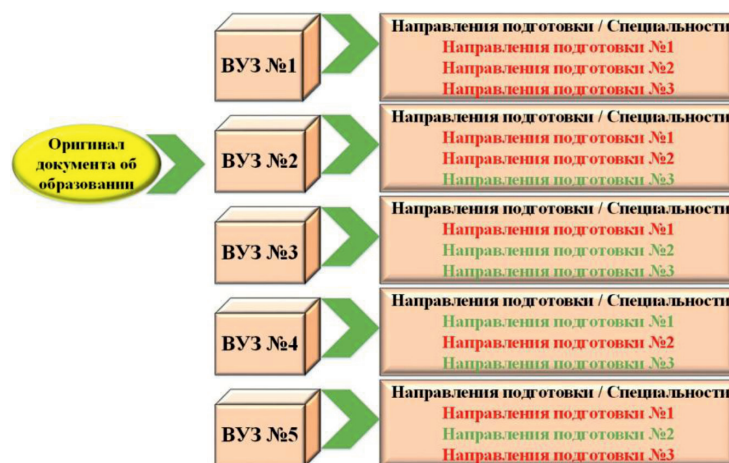


Рис. 2. Рейтинг-таблица вузов и направлений в личном кабинете абитуриента

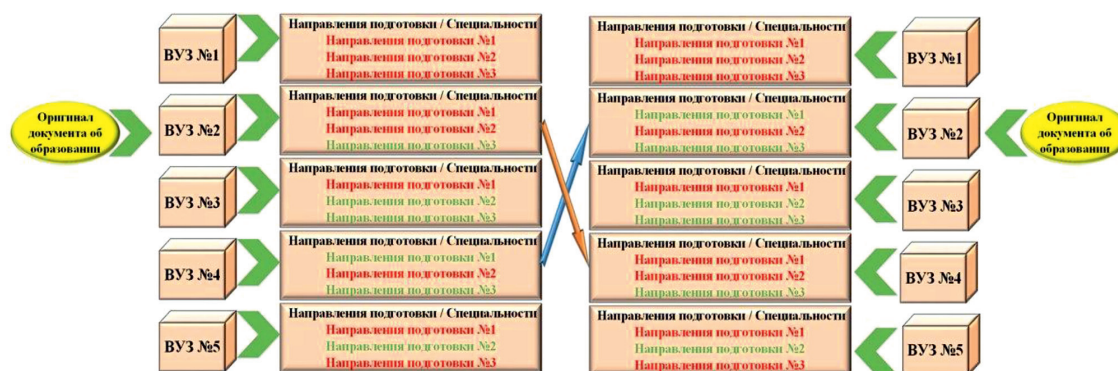


Рис. 3. Изменение абитуриентом рейтинговой таблицы

Современная законодательная и нормативно-правовая база в области приема в вузы и внедренные Минобрнауки России федеральные информационные системы создают все необходимые условия для создания единого автоматизированного информационного комплекса для унификации и объединения приемных кампаний во все вузы России. На первом этапе возможно внедрение такой системы в режиме эксперимента для добровольно заявившихся вузов, которые смогут обеспечить экспорт и импорт данных из нового приложения в собственные информационные системы приемных комиссий. Вузы проявят интерес к новой возможности, так как она обеспечит им дополнительные конкурентные преимущества при осуществлении нового набора. Отметим, что подобные системы могут быть созданы и внедрены и в других странах, где имеются аналоги единого государственного экзамена и соответствующие информационные системы, например в Китайской Народной Республике [5, 6], Киргизии [7].

Заключение

Таким образом, предлагаемый подход представит абитуриентам возможность дистанционно и оперативно изменять свои решения без личного посещения приёмной комиссии, при этом его реализация не требует существенных затрат со стороны вузов или Минобрнауки России. В то же время сами абитуриенты смогут минимизировать свои расходы на перемещение между вузами и пересылку или курьерскую доставку оригиналов документов об образовании. Создание единой системы поступления в вузы повышает открытость и доступность приемной кампании, позволяет более объективно распределить поступающих между вузами, максимально удовлетворив их пожелания в соответствии с набранными баллами по результатам вступительных испытаний. Для реализации подхода впервые предлагается использовать портал государственных и муниципальных услуг и инфра-

структуру многофункциональных центров предоставления государственных и муниципальных услуг.

Работа выполнена в рамках гранта Президента Российской Федерации МК-226.2017.8.

Список литературы

1. Епанчинцева О.Л., Погромская Т.А. Формирование единого конкурсного пространства Омского региона // Математические структуры и моделирование. 2006. № 16. С. 5–10.
2. Пыхтин А.И., Мезенцева А.Г. Функциональная модель централизованной приемной кампании в вузы России // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 2. С. 63–68.
3. Многофункциональные центры предоставления государственных и муниципальных услуг [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/МФЦ> (дата обращения: 19.05.2018).
4. Погромская Т.А. Портал приёмной комиссии ОМГУ // Вестник ВГУ. Серия: Системный анализ и информационные технологии. 2016. № 2. С. 52–58.
5. Min Zhu. College admissions in China: A mechanism design perspective. China Economic Review. 2014. vol. 30. P. 618–631.
6. Tan C. Tensions and challenges in China's education policy borrowing. Educational Research. 2016. vol. 58. P. 195–206.
7. Кан М.В. Межвузовское единое информационное пространство конкурсного отбора абитуриентов на примере Киргизии // Современные информационные технологии и ИТ-образование. 2011. № 7. С. 357–368.

УДК 517.956.2:519.624:66.011

АСИМПТОТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ КОНВЕКТИВНОЙ ДИФФУЗИИ ВНУТРИ КАПЛИ, ОБТЕКАЕМОЙ ПОТОКОМ ЖИДКОСТИ**Ахметов Р.Г., Милукова А.В.***ФГБОУ ВО «Башкирский государственный педагогический университет им. М. Акмуллы», Уфа, e-mail: akhmetov051@bk.ru*

Рассматривается стационарная задача конвективной диффузии внутри капли, обтекаемой потоком жидкости при малых числах Рейнольдса, с учетом нелинейной объемной химической реакции. Характерной особенностью задачи является наличие двух безразмерных параметров: константы скорости объемной химической реакции k_v и числа Пекле Pe , которые определяют распределение концентрации в потоке. Отношение константы скорости объемной химической реакции k_v и числа Пекле Pe есть величина постоянная. Рассматриваемая задача представляет собой краевую задачу для квазилинейного уравнения в частных производных эллиптического типа с малым параметром при старших производных. Малый параметр соответствует большим числам Пекле Pe . Предельное уравнение, когда малый параметр равен нулю, имеет особые точки типа седла. Внутри капли возникает несколько пограничных слоев. Асимптотическое разложение решения построено методом согласования асимптотических разложений. На границах между соседними областями задаются условия согласования для решений. В малой окрестности капли построены главные члены асимптотического решения. В окрестности седловой точки возникает дополнительный пограничный слой, где сформулирована краевая задача для эллиптического уравнения с дополнительными условиями согласования. Асимптотическое разложение решения в окрестности особой точки построено как решение квазилинейного обыкновенного дифференциального уравнения.

Ключевые слова: конвективная диффузия, метод согласования асимптотических разложений, число Пекле, константа скорости объемной химической реакции, вырождающееся параболическое уравнение, условие устойчивости явной схемы

ASYMPTOTIC SOLUTIONS OF THE PROBLEM OF CONVECTIVE DIFFUSION INSIDE DROPS WITH VOLUMETRIC CHEMICAL REACTION**Akhmetov R.G., Milyukova A.V.***Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla», Ufa, e-mail: akhmetov051@bk.ru*

We consider a stationary problem of convective diffusion inside a droplet, which is streamlined by a liquid flow at low Reynolds numbers, taking into account a nonlinear volumetric chemical reaction. The characteristic feature of the problem is the presence of two dimensionless parameters: a constant of rate of the volumetric chemical reaction k_v and Peclet number Pe which determine the concentration distribution in the flow. The quantity constant of rate of the volumetric chemical reaction k_v and Peclet number Pe assumed to have a constant value. It is a boundary value problem for a quasilinear partial elliptical equation with a small parameter multiplying in higher derivatives. In the small neighborhood of the drop, the principal terms of the asymptotics of the solution are constructed. In the vicinity of the saddle point, an additional boundary layer appears, where the boundary value problem for an elliptic equation with additional matching conditions is formulated. The asymptotic expansion of solution is constructed in the boundary layer near the rear stagnation point of the drop as the solution for the quasilinear ordinary differential equation.

Keywords: convective diffusion, method of matching asymptotic expansions, Peclet number, rate constant of volumetric chemical reaction, the degenerate parabolic equation, the stability condition of the explicit scheme

Исследованию тепло-массообмена между каплей и окружающей средой посвящены работы [1–3]. В работе [1] предполагается, что число Пекле Pe большое, а константа скорости объемной химической реакции значительно меньше. Исследованию теплообмена с внутренними пограничными слоями посвящена работа [2]. При больших значениях константы скорости объемной химической реакции (одного порядка с числом Пекле) основное изменение концентрации происходит вблизи поверхности капли [4, с. 77–83].

Рассмотрим стационарную диффузию внутри сферической капли радиуса a , обтекаемой поступательным потоком вязкой не-

сжимаемой жидкости со скоростью U_0 вдаль от капли при малых числах Рейнольдса в случае, когда вещество, диффундирующее внутри капли, испытывает химическое превращение. Распределение концентрации $c(r, \theta)$ в безразмерных переменных удовлетворяет уравнению [3, с. 198]

$$\Delta c = Pe \cdot (\bar{V}, \nabla) c + k_v F(c) \quad (1)$$

поле скоростей соответствует сферическому вихрю Хилла [5] и определяется из выражений

$$\bar{V} = (v_r, v_\theta, 0), v_r = -\frac{1}{r^2} \frac{\partial \Psi}{\partial \theta},$$

$$v_0 = \frac{1}{r \sin \theta} \frac{\partial \Psi}{\partial r},$$

$$\Psi = \frac{r^2}{2} (1 - r^2) \sin^2 \theta,$$

$$Pe = \frac{1}{\varepsilon^2} = av_0 / D, v_0 = \frac{1}{2} \cdot \frac{\lambda U}{\lambda + \lambda_1},$$

где Pe – число Пекле; D – коэффициент диффузии вещества; λ и λ_1 – динамические вязкости жидкостей вне и внутри капли; k_v – константа скорости объемной химической реакции; Δ – оператор Лапласа; $\Psi(r, \theta)$ – функция тока; r, θ – сферические координаты ($\varphi = \text{const}$). Требуется найти асимптотику решения уравнения (1), удовлетворяющего граничному условию

$$c = 1 \text{ при } r = 1. \quad (2)$$

Будем считать, что функция $F(u)$ удовлетворяет условиям

$$F: R^1 \rightarrow R^1, F(0) = 0,$$

$$F'(u) > 0, F(u) \in C^\infty(R). \quad (3)$$

Цель работы состоит в построении асимптотического разложения решения задачи (1), (2) для больших чисел Пекле Pe в малой окрестности капли. Решение строится методом согласования асимптотических разложений.

Для решения задачи (1), (2) область внутри капли разбивается на несколько областей (эти области указаны на рисунке). В каждой области вводятся новые независимые переменные (см., напр., ниже пункт диффузионный пограничный слой, пункт эллиптический пограничный слой) затем уравнение (1) записывается в этих переменных, и находят такие решения полученных уравнений, которые срачиваются на границах области и удовлетворяют граничным условиям. В этом состоит идеология метода согласования (срачивания) асимптотических разложений.

При построении асимптотики удобно ввести малый параметр $\varepsilon = 1/\sqrt{Pe}$. Уравнение (1), с учетом обозначений и $\mu = k_v/Pe$, перепишем в виде

$$\varepsilon^2 \Delta U - \frac{1}{r^2 \sin \theta} \left(\frac{\partial U}{\partial r} \frac{\partial \Psi}{\partial \theta} - \frac{\partial U}{\partial \theta} \frac{\partial \Psi}{\partial r} \right) - \mu F(U) = 0. \quad (4)$$

Известно [3], что в предельных случаях $Pe \gg 1, k_v = \text{const}$, и $Pe = \text{const}, k_v \gg Pe$ решение задачи (1), (4) упрощается. В первом случае, $Pe \gg 1, k_v = \text{const}$, задача исследо-

вана в работе [3, с. 196–205]. В данной работе предполагается, что $Pe \rightarrow \infty, k_v \rightarrow \infty$ (или достаточно большие), а величина $\mu_0 = k_v/Pe$ – постоянная. При таких же предположениях, но в случае объемной химической реакции первого порядка ($F(u) \equiv u$) асимптотика внутри капли исследована в работе [4, с. 77–83]. Задача вне капли исследовалась в работе [6], а вне цилиндра в работе [7]. В работах [8, 9] обсуждаются качественные особенности реакционно-диффузионных дифференциальных уравнений с запаздыванием.

Асимптотический анализ уравнения (1) показывает, что внутри капли можно выделить ядро потока $e: \{O(Pe^{-1/2}) \leq \Psi\}$, область диффузионного пограничного слоя d :

$$\left\{ 1 - r \leq O\left(Pe^{-\frac{1}{2}}\right), O\left(Pe^{-\frac{1}{2}}\right) \leq \theta, O\left(Pe^{-\frac{1}{2}}\right) \leq \pi - \theta \right\}$$

и область диффузионного следа W :

$$\left\{ O\left(Pe^{-\frac{1}{2}}\right) \leq 1 - r, \Psi \leq O\left(Pe^{-1/2}\right) \right\} \text{ (рисунок).}$$

В случае $Pe \gg 1, k_v = \text{const}$, задача в области e исследована в работе [3, с. 196–205]. В данной работе задача исследована в областях d, w_3 , когда числа $Pe \gg 1, k_v \gg 1$, а их отношение ограничено (именно этот наиболее трудный случай исследован в работе [4], линейный случай). В данной работе рассмотрен случай, когда функция $F(u)$ – нелинейная. В этом состоит новизна работы.

Диффузионный пограничный слой

Асимптотика решения задачи (1), (2) в диффузионном пограничном слое d строится в переменных $t = \varepsilon^{-1}(1 - r), \theta$, решение ищется аналогично [7] в виде ряда

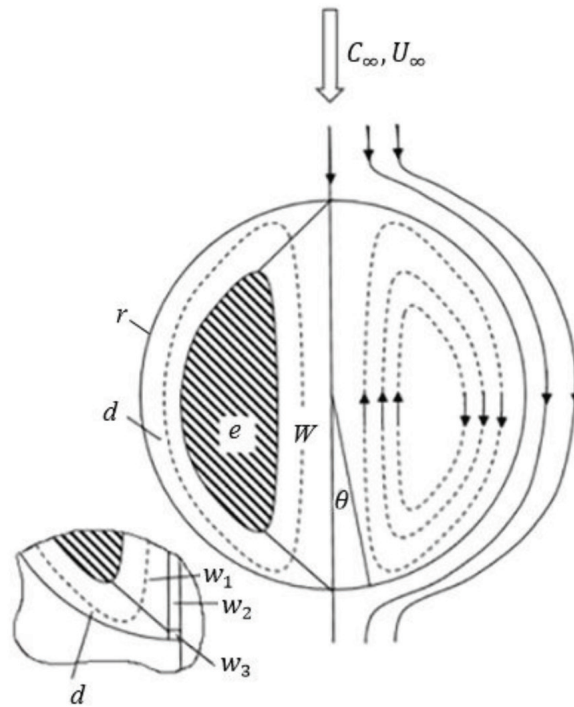
$$u_0(t, \theta, \varepsilon) = u_0(t, \theta) + O(\pi - \theta). \quad (5)$$

Функцию $F(u)$ заменим главными членами разложения в окрестности $u_0(x, \theta)$, функцию тока Ψ разложим в ряд около границы. Подставим полученные выражения, а также ряд (5) в уравнение (4), приравняем коэффициенты при одинаковых степенях ε . Тогда для определения $u_0(t, \theta)$ в области $0 < \theta < \pi, 0 < t$ получаем краевую задачу

$$\frac{\partial^2 u_0}{\partial t^2} - 2t \cos \theta \frac{\partial u_0}{\partial t} + \sin \theta \frac{\partial u_0}{\partial \theta} - \mu F(u_0) = 0, \quad (6)$$

$$u_0(0, \theta) = 1; u_0(t, \theta) \rightarrow 0 \text{ при } t \rightarrow \infty. \quad (7)$$

Уравнение (6) – это вырождающееся параболическое уравнение при $\theta = 0, \theta = \pi$.



Структура поля концентрации внутри капли: e – ядро потока, d – область диффузионного пограничного слоя, W – область диффузионного следа, w_1 – конвективно-погранслоевая область диффузионного следа, w_2 – внутренняя область диффузионного следа, w_3 – область задней критической точки, r, θ – сферические координаты, $r = 1$ – соответствует поверхности капли

Алгоритм построения решения состоит в следующем. Сначала находим формальное решение в окрестности линии вырождения $\theta = \pi$ в виде ряда по четным степеням $(\pi - \theta)^2$ с коэффициентами, зависящими от t . Коэффициенты строятся как решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений

$$u''_{2k}(t) + 2t \cdot u'_{2k}(t) - 2k \cdot u_{2k}(t) = f_{2k}(t),$$

где $k = 0, 1, 2, \dots$

Затем легко получить оценку

$$u_0(t, \theta) = u_{0,0}(t) + O((\pi - \theta)^2 \exp(-\gamma t^2))$$

для некоторого $\gamma > 0$, и отсюда следует оценка

$$|u_0(t, \theta)| \leq M \exp(-\gamma t^2), M > 0.$$

В области $D = \{t, \theta : t \geq 0, \gamma_1 \varepsilon^v \leq \theta \leq \pi\}$ для некоторого

$$v \in (0, 1) \text{ и } \gamma_1 > 0.$$

Из условий (2) и из условий симметрии получим граничные условия

$$c_0(0, \theta) = 1; c_0(t, \theta) \rightarrow$$

$$\text{при } t \rightarrow \infty, \frac{\partial c_0}{\partial \theta}(t, \pi) = 0. \quad (8)$$

Структура асимптотики функции $u^{(0)}(t, \theta)$ при $\theta \rightarrow 0$ различна для малых и больших значений Ψ . При малых Ψ асимптотическое разложение строится в переменных t, θ , а при значениях, отделенных от нуля, в переменных Ψ_0, τ , где

$$\Psi_0 = t \sin \theta, \tau = \frac{1}{2}(1 + \cos \theta).$$

Для определения коэффициентов главного члена асимптотического разложения при $\theta \rightarrow 0$, учитывая, что $u^{(0)}(t, \theta)$ ищется в виде $u_0(t) + o(\theta)$, получаем уравнение вида

$$\frac{\partial^2 u_0(t)}{\partial t^2} - 2t \frac{\partial u_0(t)}{\partial t} - \mu F(u_0(t)) = 0, \quad (9)$$

с условиями

$$u_0(0) = 1; u_0(t) \rightarrow 0 \text{ при } t \rightarrow \infty. \quad (10)$$

Аналогично работе [6] сформулируем теорему.

Теорема. Пусть $F(u)$ удовлетворяет условию (3) и разлагается в ряд

$$F(u) = u + F_2 u^2 + F_3 u^3 + \dots,$$

тогда существует решение задачи (9)–(11), такое, что при $t \rightarrow +\infty$ решение задачи (9)–

(10) имеет следующее асимптотическое представление

$$u_0(t) = \sum_{i=1}^{\infty} \sum_{k=0}^{\infty} c_{k,i} t^{-i\delta-2k}, \quad (11)$$

где $\delta = \frac{\mu}{2}$ и $c_{k,i}$ следующие:

$$\begin{aligned} c_{0,1} &= \text{const}, c_{1,1} = -\frac{\delta^2 + \delta}{4} c_{0,1}, \\ c_{0,2} &= F_2 c_{0,1}^2, \\ c_{1,2} &= \frac{1}{\delta + 2} (2\delta F_2 c_{0,1} c_{1,1} - \delta c_{0,2} (1 + 2\delta)), \\ c_{0,3} &= \frac{1}{2} (2F_2 c_{0,1} c_{0,2} + F_3 c_{0,1}^3), \dots \end{aligned} \quad (12)$$

В работе [6] коэффициенты $c_{k,i}$ найдены численно. Коэффициент $c_{0,1}$ при главном

члене выбирается так, что построенное решение удовлетворяет первому из граничных условий (10).

В уравнении (7) путем разложения функции $F(u^{(0)})$ в ряд Тейлора с остаточным членом линейную часть оставим в левой, а остальные перенесем вправо. Тогда получим следующее уравнение

$$Lu^{(0)} - \mu_1 u^{(0)} = f_0(u^{(0)}), \quad (13)$$

$$Lu \equiv \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} - 2t \cos \theta \frac{\partial u}{\partial t} + 2 \sin \theta \frac{\partial u}{\partial \theta},$$

$$\mu_1 = \mu F'(0),$$

$$f_0 = \mu (F(u) - F'(0)u) = \frac{\mu}{2} F''(\tilde{u})(u)^2. \quad (14)$$

Для удобства положим $F'(0) = 1$.

В уравнении (13) сделаем следующую замену функции и переменных [7, с. 8–12]

$$\Psi_0 = t \sin^2 \theta, \tau = \cos \theta - \frac{\cos^3 \theta}{3} + \frac{2}{3}, u = gV = \left(\frac{1 + v(\tau)}{1 - v(\tau)} \right)^{-\mu/2} V. \quad (15)$$

Тогда уравнение (13) примет вид

$$\frac{\partial^2 V(\Psi_0, \tau)}{\partial \Psi_0^2} - \frac{\partial V(\Psi_0, \tau)}{\partial \tau} = q(\tau) g^{-1}(\tau) f_0(V(\Psi_0, \tau)). \quad (16)$$

где $q(\tau) = O(\tau^{-1})$ для $\tau \rightarrow 0$, $q(\tau) = O((1-\tau)^{-1})$ при $\tau \rightarrow 1$ и $f_1 = g^{-1}(\tau) f_0$.

А граничные условия имеют вид

$$V = \left(\frac{1 + v(\tau)}{1 - v(\tau)} \right)^{-\mu/2}, \Psi_0 \rightarrow 0, \tau > 0, \quad (17)$$

$$V \rightarrow 0 \text{ при } \Psi_0 \rightarrow \infty, \quad (18)$$

$$V - f(\Psi_0) \rightarrow 0, \tau \rightarrow 0, \Psi_0 \neq 0. \quad (19)$$

Рассмотрим вспомогательную задачу при $f_0(V(\Psi_0, \tau)) \equiv 0$

$$\frac{\partial^2 h(\Psi_0, \tau)}{\partial \Psi_0^2} - \frac{\partial h(\Psi_0, \tau)}{\partial \tau} = 0.$$

Тогда функция $h(\Psi_0, \tau)$ при условиях (17)–(19) (для $h(\Psi_0, \tau)$) описывается выражением

$$\begin{aligned} h &= \left(\frac{1 + v(\tau)}{1 - v(\tau)} \right)^{-\frac{\mu}{2}} \cdot \frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\infty \frac{f(\xi)}{\sqrt{\tau}} E(\xi, t, \tau) d\xi + \left(\frac{1 + v(\tau)}{1 - v(\tau)} \right)^{-\frac{\mu}{2}} \cdot \\ &\frac{1}{2\sqrt{\pi}} \int_0^\tau \left(\frac{1 + v(t)}{1 - v(t)} \right)^{\mu/2} \frac{f(t) \Psi_0}{(\tau - t)^{3/2}} \exp\left(-\frac{\Psi_0^2}{4(\tau - t)} \right) dt, \\ E(\xi, t, \tau) &= \exp\left(-\frac{(t - \xi)^2}{4\tau} \right) - \exp\left(-\frac{(t + \xi)^2}{4\tau} \right). \end{aligned} \quad (20)$$

Формула (20) получена в работе [5] в случае обтекания капли, когда функция $F(u)$ линейна. Отсюда получаем, что формула (20) является главным членом разложения решения задачи (16)–(19), тогда для достаточно малого ε и некоторых $\delta > 0, \gamma_0 > 0$ получаем

$$u^{(0)}(t, \Psi) = h(\theta_0, \tau) + O(\varepsilon^{2\delta - \gamma_0})$$

при $y = O(\varepsilon^{-\delta/4})$. (21)

Для доказательства данной формулы достаточно применить интегральное представление для неоднородного уравнения теплопроводности (16) и, учитывая условия (17)–(19), воспользоваться теоремой и оценкой (14).

Эллиптический слой

В области W_3 задней критической точки решение строится в переменных $\xi = \frac{\theta}{1-r}, t = \frac{\varepsilon}{\varepsilon}$, для главного члена получаем следующее уравнение:

$$\frac{\partial^2 u^{(3)}}{\partial t^2} + \frac{\partial^2 u^{(3)}}{\partial \xi^2} - 2t \frac{\partial u^{(3)}}{\partial t} + \left(\xi + \frac{1}{\xi} \right) \frac{\partial u^{(3)}}{\partial \xi} - \mu F(u^{(3)}) = 0, \quad (22)$$

удовлетворяющее граничным условиям

$$u^{(3)}(\xi, 0) = 1; \frac{\partial u^{(3)}(\xi, t)}{\partial \xi} = 0 \text{ при } \xi = 0 \quad (23)$$

и некоторым условиям согласования

$$u^{(3)}(t, \xi) - u_0(t) \rightarrow 0$$

при $\xi \rightarrow \infty$ в области $W \cap d$. (24)

Функция, определенная равенством $u^{(3)}(t, \xi) = u_0(t)$, есть решение задачи (22)–(23), где $u_0(t)$ имеет асимптотическое разложение (11) при $t \rightarrow +\infty$.

Численное решение

Для решения краевой задачи (9), воспользуемся теоремой о непрерывной зависимости решения от начальных данных и параметров и построенным асимптотическим разложением в теореме. Следует заметить, что постоянная $c_{0,1}$ – произвольная. Для построения решения краевой задачи уравнение (9) перепишем в виде системы уравнений

$$\begin{cases} \frac{du_0(t)}{dt} = y(t) \\ \frac{dy(t)}{dt} = 2t \cdot y(t) + \mu F(u_0(t)) \end{cases} \quad (25)$$

Устойчивость разностных схем проверяем так же, как и в работе [6]. Условие устойчивости явной схемы Рунге – Кутты, будет выполняться, если потребовать выполнения неравенств

$$|h\mu F'(v)| \ll 1, h < 0, |h|X_0 < 1. \quad (26)$$

Это значит, что начальное условие следует задать при достаточно большом t_0 – и интегрировать назад, т.е. с шагом $h < 0$. Начальные условия для системы (25) имеют вид

$$u_0(t_0) = a, y(t_0) = b, \quad (27)$$

где постоянные a и b определяются из выражения (11).

Рассмотрим случай, когда $F(u) = \sin u$. Находим последовательные приближения $c_{0n}, n = 2, 3, \dots$, для c_0 .

Далее приводим результаты численных расчётов для уравнения конвективной диффузии на промежутке $(0, 100)$:

при $\mu = 0,5$, получаем $c_{0,1} = 4,0915$,
 $u^{(0)}(0) = 0,9999; y(0) = -1,6507;$

при $\mu = 0,8$, получаем $c_{0,1} = 8,7293$,
 $u^{(0)}(0) = 1,0000; y(0) = -2,6495;$

при $\mu = 1$, получаем $c_{0,1} = 14,2551$,
 $u^{(0)}(0) = 1,0000; y(0) = -3,3221.$

Отсюда видим, что решение задачи (9)–(10) функция $u^{(0)}(t)$ удовлетворяет граничному условию в точке $t = 0$, а при $t \rightarrow +\infty$ справедлива оценка $O(t^{-\delta})$.

Заключение

В настоящей работе исследована задача конвективной диффузии внутри сферической капли при больших числах Пекле и малых числах Рейнольдса. Предполагается, что поле скоростей известно. Ранее в работе [4] была исследована задача в случае, когда объёмная химическая реакция носит линейный характер. В нашей работе рассмотрен случай наличия нелинейной объёмной химической реакции. Но при этом главный член разложения в окрестности нуля носит линейный характер. В работе установлено, что в диффузионном пограничном слое d всюду за исключением окрестности задней критической точки порядка $O(\varepsilon)$ решение мало отличается (21) в первом приближении от случая линейной химической реакции. Однако в окрестности задней критической точки (в области w_3) решение существенно зависит от нелинейной объёмной химической реакции.

Список литературы

1. Favelukis M., Lavrenteva O.M. Mass transfer around oblate spheroidal drops in biaxial stretching motion. The Canadian Journal. 2013. vol. 92. no. 5. P. 964–972.

2. Zhao J.F., Zhang L., Li Z.D., Qin W.T. Topological structure evolution of flow and temperature fields in deformable drop Marangoni migration in microgravity. *International Journal of Heat and Mass Transfer*. 2011. vol. 54. no. 21. P. 4655-4663. DOI: 10.1016/j.ijheatmasstransfer.2011.06.012.
3. Гупало Ю.П., Полянин А.Д., Рязанцев Ю.С. Мас-сотеплообмен реагирующих частиц с потоком. М.: Наука, 1985. 336 с.
4. Головин А.М., Животягин А.Ф. Влияние объемной химической реакции на массоперенос внутри капли при больших числах Пекле // *Вест. Моск. ун-та. Сер. 1. Математика и механика*. 1979. № 4. С. 77–83.
5. Ламб Г. Гидродинамика. М.: Гостехиздат, 1947. 752 с.
6. Akhmetov R.G. The asymptotic expansions of the solution for the boundary value problem to a convective diffusion equation with volume chemical reaction near a spherical drop. *Communications in Nonlinear Science and Numerical Simulation*. 2011. no. 15. P. 2308–2312.
7. Akhmetov R.G., Maksimova N.V. Asymptotic Solution of the Problem to a Convective Diffusion Equation with a Chemical Reaction Around a Cylinder. *Dynamical Systems: Modeling, Springer Proceedings in Mathematics & Statistics*. 2016. no. 181. P. 233–241.
8. Полянин А.Д., Сорокин В.Г. Реакционно-диффузионные уравнения с запаздыванием: математические модели и качественные особенности // *Вестник Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»*. 2017. Т. 6. № 1. С. 41–55.
9. Полянин А.Д., Сорокин В.Г. Реакционно-диффузионные уравнения с запаздыванием: численные методы и тестовые задачи // *Вестник Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ»*. 2017. Т. 6. № 2. С. 126–142.
10. Ахметов Р.Г. Асимптотические решения задачи конвективной диффузии в диффузионном пограничном слое внутри капли с учётом нелинейной объемной химической реакции // *Международная математическая конференция по теории функций, посвящённая 100-летию чл.-кор. АН СССР А.Ф. Леонтьева (Уфа, 24–27 мая 2017 г.)*. Редакционно-издательский центр Башкирского государственного университета. 2017. С. 17.

УДК 681.5

О ПРЕДЕЛЬНЫХ ЦИКЛАХ В МОДЕЛИ АВТОГЕНЕРАТОРА**Булекбаев Д.А., Морозов А.В.***ФГКОУ ВПО «Военно-космическая академия имени А.Ф. Можайского», Санкт-Петербург,
e-mail: alex.morozof@gmail.com*

Математическими образами периодических процессов в непрерывных динамических системах выступают замкнутые траектории (циклы) в соответствующем фазовом пространстве – пространстве состояний математической модели. В связи с этим возникает актуальная задача нахождения как устойчивых, так и неустойчивых циклов, а также анализ зависимости поведения динамических систем в целом от параметров. В данной статье на физическом уровне строгости проводится анализ автоколебательных режимов в генераторе, описываемом обобщенным уравнением Ван-дер-Поля. Рассматриваемая математическая модель описывает мягкий режим возбуждения генератора колебаний. При этом положение равновесия в начале координат будет неустойчивым, внутренний цикл – устойчивым и отвечать рабочему режиму генератора, а внешний цикл – неустойчивым и образовывать границу области притяжения устойчивого цикла. Используемый метод Ван-дер-Поля носит эвристический качественный характер и применяется для колебательных систем только с одной степенью свободы. Его использование в рассматриваемой задаче позволяет рассмотреть ряд вопросов бифуркационного анализа, связанных с взаимным расположением циклов на фазовой плоскости. Простая модификация рассматриваемой в статье модели позволяет провести анализ системы и с жестким возбуждением колебаний.

Ключевые слова: автогенератор, предельный цикл, бифуркация, моделирование динамических систем на ПК**ON THE LIMIT CYCLES IN THE MODEL OF OSCILLATOR****Bulekbaev D.A., Morozov A.V.***Federal State Military Educational Institution of Higher Professional Education
«Military Space Academy named after A.F. Mozhaisky», Saint-Petersburg, e-mail: alex.morozof@gmail.com*

Mathematical images of periodic processes in continuous dynamic systems are closed trajectories (cycles) in the corresponding phase space – the space of States of the mathematical model. In this regard, there is an urgent problem of finding both stable and unstable cycles, as well as the analysis of the dependence of the behavior of dynamic systems on the parameters as a whole. In this article, the analysis of self-oscillating modes in the generator described by the generalized van der Pol equation is carried out at the physical level of rigor. The mathematical model describes the soft excitation mode of the oscillator. The equilibrium position at the origin will be unstable, the internal cycle – stable and correspond to the operating mode of the generator, and the external cycle – unstable and form the boundary of the region of attraction of the stable cycle. The van der Pol method used is of heuristic qualitative nature, and is used for oscillatory systems with only one degree of freedom. Its use in the considered problem allows us to consider a number of issues of bifurcation analysis related to the mutual arrangement of cycles on the phase plane. A simple modification of the model considered in the article allows to analyze the system with a rigid excitation of oscillations.

Keywords: oscillator, limit cycle, bifurcation, modelling of dynamic systems on a PC

Хорошо известно, какую роль в радиотехнике, электронике, теории управления и других технических науках играют периодические процессы. Как правило, эти процессы являются рабочими режимами функционирования технических систем, а следовательно, должны обладать свойством устойчивости, т.е. притягивать к себе другие режимы – переходные процессы. Математическими образами периодических процессов часто выступают замкнутые траектории (циклы) в соответствующем фазовом пространстве – пространстве состояний математической модели. Если такие циклы изолированы, то они называются предельными. Если циклы притягивают к себе соседние траектории при $t \rightarrow +\infty$, то они называются устойчивыми предельными циклами, если отталкивают, то неустой-

чивыми. Именно устойчивые предельные циклы выступают образами устойчивых автоколебаний в физической системе. Из сказанного вытекает актуальность задачи нахождения как устойчивых, так и неустойчивых циклов, а также анализ зависимости поведения динамических систем в целом от параметров [1, 2]. Последние вопросы связаны с исследованием бифуркаций в динамических системах [3]. Так, например, на рис. 1 приведена последовательность фазовых картин некоторой физической системы, зависящей от параметра α . Видно, что разным значениям параметра α могут отвечать принципиально различные фазовые картины – а следовательно, и поведение физической системы.

Ясно и теоретически хорошо изучено, что если в системе несколько циклов, то

все они одновременно не могут являться устойчивыми, так как траектория, «наматывающаяся» на некоторый цикл при $t \rightarrow +\infty$, автоматически должна «смазываться» с некоторого цикла, который в свою очередь будет неустойчивым. Отметим, что устойчивым предельным циклом отвечает в физической системе автоколебательный процесс. В данной статье рассматривается автономное дифференциальное уравнение второго порядка, являющееся математической моделью генератора автоколебаний [1, 4]

$$\ddot{z} + \omega^2 z = \mu \varphi(z, \dot{z}). \quad (1)$$

Здесь $z(t)$, $\dot{z}(t) = \frac{dz}{dt}$ – динамические переменные, определяющие состояние генератора, $\varphi(z, \dot{z}) = (\alpha z^4 - z^2 + 1)\dot{z}$ – функция обратной связи, μ – безразмерный положительный параметр, отвечающий за подкачку энергии в систему от внешнего источника (параметр возбуждения), α, ω^2 – положительные безразмерные параметры генератора. Уравнение (1) при $\mu = 0$ совпадает с уравнением гармонического осциллятора, при $\mu > 0$, $\alpha = 0$ – с классическим уравнением Ван-дер-Поля – генератора с контуром в цепи анода или сетки. Известно, что на фазовой плоскости (z, \dot{z}) уравнения Ван-дер-Поля имеется единственный устойчивый предельный цикл, которому с физической точки зрения отвечает устойчивый автоколебательный процесс. Уравнение (1) при $\alpha \neq 0$ обобщает уравнение Ван-дер-Поля на случай иной аппроксимации нелинейной характеристики обратной связи [4]. Целью настоящей статьи является качественно-численное изучение математической модели генератора колебаний (1) в зависимости от параметров модели. Ее результаты могут быть полезны при теоретическом анализе и экспериментальном исследовании функционирования систем управления в различных условиях с целью улучшения их эксплуатационных характеристик. Учитывая, что заменой времени параметр ω можно сделать равным единице, будем в дальнейшем считать $\omega = 1$.

Метод Ван-дер-Поля

1. Для начала для уравнения (1) на плоскости (z, \dot{z}) рассмотрим положительно-определенную функцию Ляпунова $V(z, \dot{z}) = \frac{1}{2}(\dot{z}^2 + z^2)$, ($V(z, \dot{z})$ – полная энер-

гия системы) производная, от которой, вычисленная в силу уравнения (1), имеет вид

$$\dot{V} = \frac{d}{dt} \left(\frac{\dot{z}^2}{2} + \frac{z^2}{2} \right) = \mu \varphi(z, \dot{z}) \dot{z} = \mu (\alpha z^4 - z^2 + 1) \dot{z}^2.$$

Легко видеть, что при всех z , \dot{z} и всех значениях параметров $\alpha > 0,25$ и $\mu > 0$ функция $\mu(\alpha z^4 - z^2 + 1)\dot{z}^2$ неотрицательна. Отсюда вытекает, что $z = 0$, $\dot{z} = 0$ – неустойчивое в целом положение равновесия [5] осциллятора (1) и, следовательно, в области $\alpha > 0,25$ устойчивые колебания в системе, описываемой уравнением (1), невозможны.

2. Предположим теперь, что $0 < \alpha < 0,25$, а μ – малый параметр. Тогда уравнение (1) квазилинейно и можно применить, например, для его исследования метод Ван-дер-Поля – частный случай более строгого метода – метода усреднения [6]. С этой целью в (1) сделаем замену переменных по формулам: $z = x \cos y$, $\dot{z} = -x \sin y$. В переменных x, y уравнение (1) запишется в виде эквивалентной системы

$$\begin{cases} \dot{x} = -\mu \varphi(x \cos y, -x \sin y) \sin y, \\ \dot{y} = 1 - \frac{\mu}{x} \varphi(x \cos y, -x \sin y) \cos y, \end{cases} \quad (2)$$

правые части которой являются 2π – периодическими функциями по фазе y .

От точной системы (2) перейдем к приближенной системе так называемых укороченных уравнений

$$\begin{cases} \dot{x} = -\mu \bar{\varphi}_1(x), \\ \dot{y} = 1 - \frac{\mu}{x} \bar{\varphi}_2(x), \end{cases} \quad (3)$$

где правые части $\bar{\varphi}_1(x)$ и $\bar{\varphi}_2(x)$ являются осредненными по периоду функциями

$$\bar{\varphi}_1(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \varphi(x \cos y, -x \sin y) \sin y dy,$$

$$\bar{\varphi}_2(x) = \frac{1}{2\pi} \int_0^{2\pi} \varphi(x \cos y, -x \sin y) \cos y dy.$$

В системе (3) первое уравнение позволяет приближенно определить значения стационарных амплитуд колебаний. Эти амплитуды находятся из конечного уравнения

$$\bar{\varphi}_1(x) = 0, \quad (4)$$

которое в нашем случае принимает вид

$$-\alpha x^5 \int_0^{2\pi} \cos^4 y \sin^2 y dy + x^3 \int_0^{2\pi} \cos^2 y \sin^2 y dy - x \int_0^{2\pi} \sin^2 y dy = 0.$$

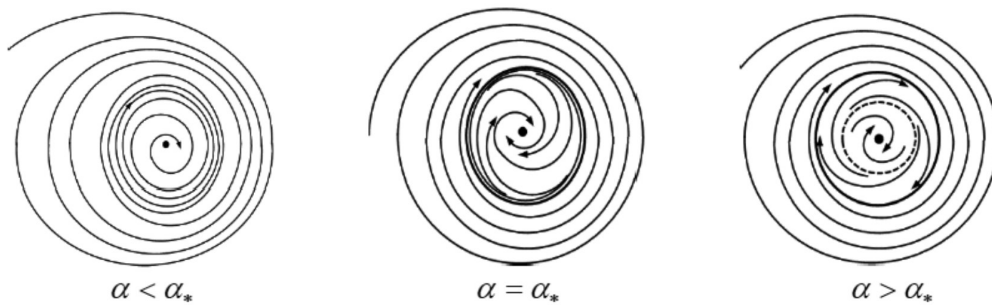


Рис. 1. Бифуркация рождения устойчивого цикла из сгущения траекторий

Вычисляя интегралы

$$\int_0^{2\pi} \sin^2 y dy = \pi, \int_0^{2\pi} \sin^2 y \cos^2 y dy = \frac{\pi}{4},$$

$$\int_0^{2\pi} \cos^4 y \sin^2 y dy = \frac{\pi}{8},$$

окончательно приходим к уравнению: $\bar{\varphi}_1(x) \equiv -\alpha x^5 + 2x^3 - 8x = 0$. Отсюда находим, что при $0 < \alpha < 0,125$ его корнями будут (амплитуды стационарных колебаний):

$$x_0 = 0, x_1 = \sqrt{\frac{1 - \sqrt{1 - 8\alpha}}{\alpha}}, x_2 = \sqrt{\frac{1 + \sqrt{1 - 8\alpha}}{\alpha}}.$$

На рис. 2 и в таблице соответственно изображены графики и приведены значения функций $x_1 = x_1(\alpha)$, $x_2 = x_2(\alpha)$. Видно, что при $\alpha = 0,125$ величина $x_1 = x_2$. Последнее равенство будет отвечать слипанию на фазовой плоскости (z, \dot{z}) уравнения (1) устойчивого и неустойчивого циклов, т.е. бифуркации полуустойчивого цикла. Заметим,

также, что $\lim_{\alpha \rightarrow 0} \sqrt{\frac{1 - \sqrt{1 - 8\alpha}}{\alpha}} = 2$, что согласуется с известным фактом: для классического уравнения Ван-дер-Поля для малых значений параметра μ амплитуда $x_1 = 2$ [6, 7].

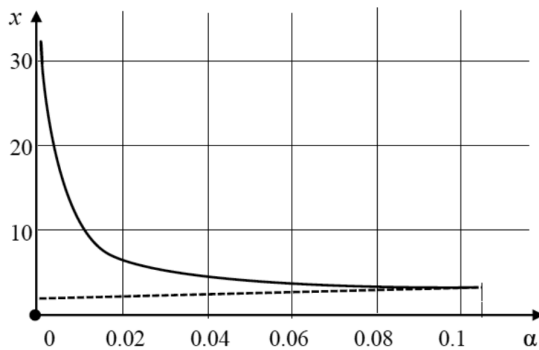


Рис. 2. Графики функций $x_1 = x_1(\alpha)$, $x_2 = x_2(\alpha)$ (сплошная кривая отвечает амплитуде неустойчивого колебания, пунктирная – амплитуде устойчивого колебания)

Для определения амплитуд, отвечающих устойчивому и неустойчивому колебаниям, вычислим производную $\frac{d\bar{\varphi}_1}{dx} = -5\alpha x^4 + 6x^2 - 8$. Учитывая очевидные неравенства

$$\frac{d\bar{\varphi}_1}{dx}(x_0) = -8 < 0,$$

$$\frac{d\bar{\varphi}_1}{dx}(x_1) = 4 \frac{\sqrt{1 - 8\alpha}}{\alpha} (1 - \sqrt{1 - 8\alpha}) > 0,$$

$$\frac{d\bar{\varphi}_1}{dx}(x_2) = -4 \frac{\sqrt{1 - 8\alpha}}{\alpha} (1 + \sqrt{1 - 8\alpha}) < 0,$$

заключаем, что при $0 < \alpha < 0,125$ в системе возможен лишь один автоколебательный режим со стационарной амплитудой $x = x_1$. Стационарный режим с амплитудой $x = x_2$ является, очевидно, неустойчивым, т.е. физически нереализуемым. Кроме того, напомним, что положение равновесия $x_0 = 0$ является также неустойчивым.

α	Амплитуда устойчивого цикла x_1	Амплитуда неустойчивого цикла x_2
0	2	∞
0,0001	2,0002	141
0,001	2,002	44
0,01	2,02	14
0,1	2,35	3,809
0,105	2,39	3,65
0,11	2,44	3,498
0,12	2,58	3,16
0,125	$2\sqrt{2}$	$2\sqrt{2}$

Моделирование траекторий на фазовой плоскости

Для визуализации динамических процессов в автогенераторе дадим численное представление его траекторий на плоскости

(z, \dot{z}) и решений (интегральных кривых) на плоскости (t, z) с использованием программы WinSet [8, 9]. На рис. 3 изображены устойчивый (внутренний) и неустойчивый (внешний) циклы уравнения (1). Для построения неустойчивого цикла использовалось интегрирование в обратную сторону во времени. При этом движение изображающих точек происходит естественно против часовой стрелки. При вычислениях были взяты следующие значения параметров: $\mu = 0,1$, $\alpha = 0,105$, $\omega^2 = 1$. Внешний цикл образует границу притяжения устойчивого – внутреннего цикла. На рис. 4 на плоскости (t, z) изображены соответствующие интегральные кривые, отвечающие переходному процессу.

На рис. 5, а, изображен фазовый портрет полуустойчивого цикла – цикла, который получается от слияния устойчивого и неустойчивого циклов при $\alpha = 0,125$.

Замечание 1. В области параметра $\alpha \in (0,125; 0,25]$, как уже отмечалось, уравнение $\varphi_1(x) = 0$ имеет единственный корень $x_0 = 0$, которому отвечает неустойчивое в целом положение равновесия $z = 0$, $\dot{z} = 0$ уравнения (1). Заметим, что рассмотренная нами функция Ляпунова эту область параметра не определила.

Замечание 2. Современные средства визуализации позволяют оценить и влияние параметров на форму колебаний. На рис. 5, б, приведен фазовый портрет уравнения (1) для других значений параметров.

Видно, что отклонение от малых значений параметра μ оказывает сильное влияние на форму колебаний.

Заключение

Рассмотренная выше математическая модель описывает мягкий режим возбуждения генератора колебаний. Однако если в уравнении (1) знак при функции $\varphi(z, \dot{z})$ изменить на противоположный, то придем к модели, описывающей жесткий режим возбуждения колебаний, при этом циклы сменят естественно свою устойчивость. При этом положение равновесия в начале координат будет устойчивым, внутренний цикл будет неустойчивым, внешний – устойчивым. В этом случае для возбуждения генератора необходима дополнительная энергия, забрасывающая динамические переменные $z(0), \dot{z}(0)$ генератора в область, находящуюся за неустойчивым циклом [9]. В уравнении (1) характеристика $\varphi(-z, \dot{z}) = \varphi(z, \dot{z})$, $\varphi(z, -\dot{z}) = -\varphi(z, \dot{z})$. Однако проведенные рассуждения можно провести и для более общего случая, например отказавшись при малом μ от первого предположения – симметрии «коэффициента трения» $\alpha z^4 - z^2 + 1$. Кроме того, при немалых значениях параметра μ , используя программу Winset, можно исследовать эффекты релаксации, сказывающиеся в наличии быстрых и медленных движений в автогенераторе, что аналитическими методами сделать затруднительно.

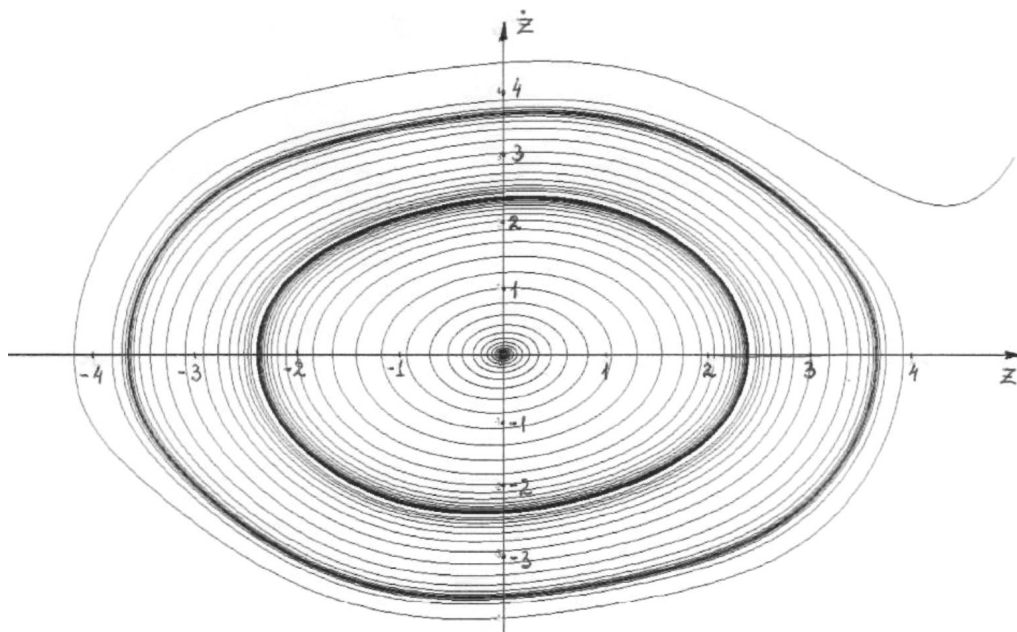
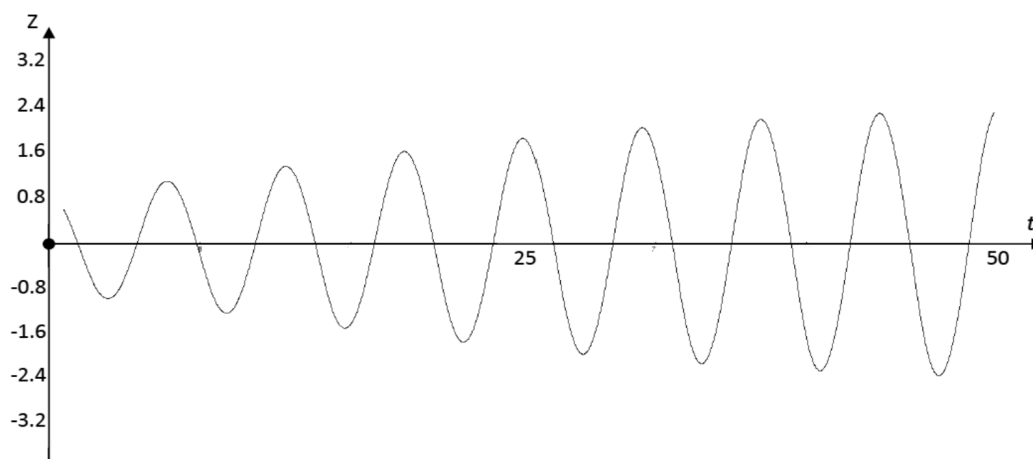
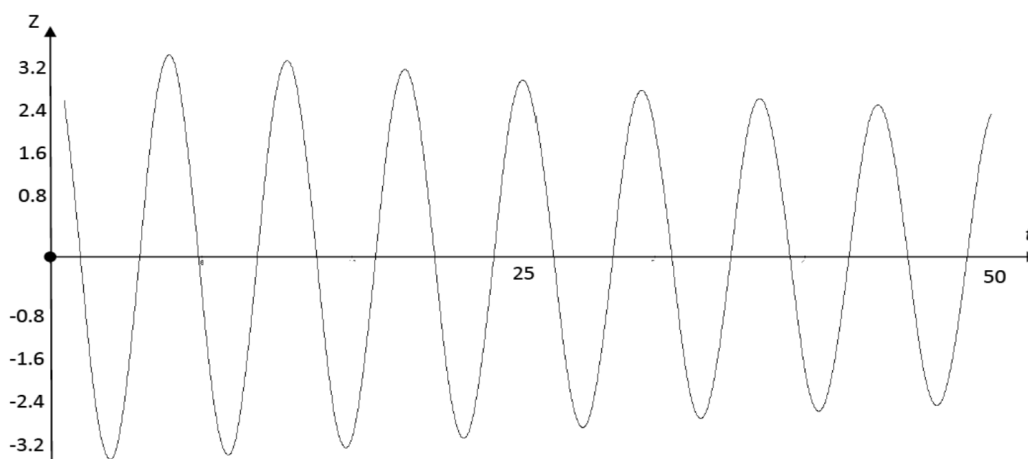


Рис. 3. Предельные циклы на фазовой плоскости (внутренний цикл – устойчивый, внешний – неустойчивый)

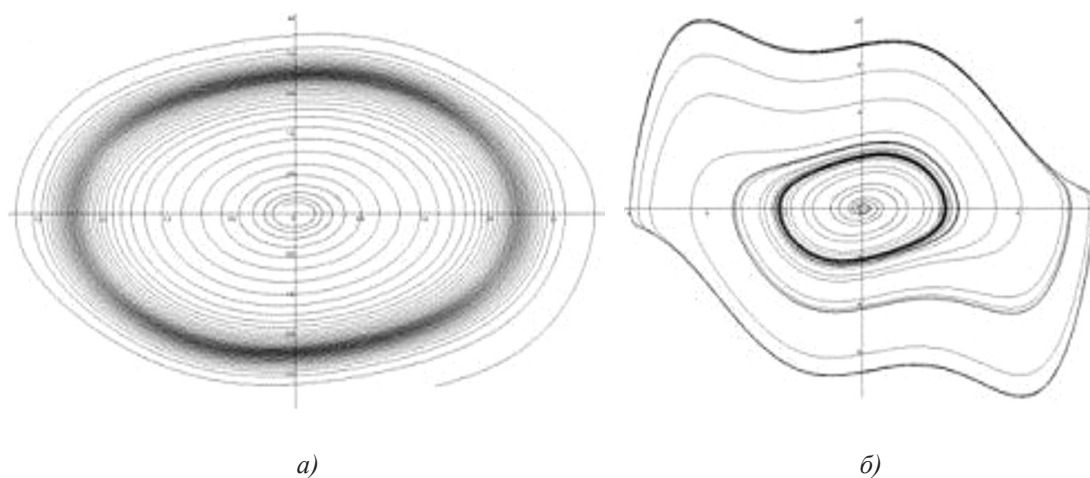


а)



б)

Рис. 4. Возбуждение генератора: а) при малой начальной энергии; б) при большой начальной энергии



а)

б)

Рис. 5. Фазовые портреты: а) полустойчивый цикл ($\alpha = 0,125$); б) устойчивый и неустойчивые циклы ($\mu = 0,3, \alpha = 0,05$)

Использованный выше метод Ван-дер-Поля носит эвристический качественный характер и применим для колебательных систем только с одной степенью свободы. Его развитие и распространение на многомерные системы было сделано Н.М. Крыловым, Н.Н. Боголюбовым и Ю.А. Митропольским. Использование этого метода в рассмотренной выше задаче позволило бы построить асимптотические представления для решений и указать их точность, но это может быть предметом другого исследования.

Список литературы

1. Андронов А.А., Витт А.В., Хайкин С.Э. Теория колебаний. М.: Наука, 1981. 918 с.
2. Кучумов А.И. Электроника и схемотехника. М.: Гелиос, АРВ, 2011. 336 с.
3. Неймарк Ю.И. Динамические системы и управляемые процессы. М.: Изд-во ЛИБРОКОМ, 2014. 356 с.
4. Морозов А.В., Бригаднов И.А. Математические основы теории систем. СПб.: Изд-во СЗТУ, 2006. 232 с.
5. Малкин И.Г. Теория устойчивости движения. М.: Едиториал УРСС, 2017. 432 с.
6. Арнольд В.И. Геометрические методы в теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М.: МЦНМО, 2012. 304 с.
7. Анищенко В.С. Сложные колебания в простых системах. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2018. 320 с.
8. Морозов А.Д., Драгунов Т.Н. Визуализация и анализ инвариантных множеств динамических систем. Москва – Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. 304 с.
9. Малинецкий Г.Г. Математические основы синергетики: Хаос, структуры, вычислительный эксперимент. Изд. 7-е. М.: Книжный дом «ЛИБРОКОМ», 2012. 312 с.

УДК 004.02:004.62

РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ ПРОЦЕССА ПОИСКА И ОБРАБОТКИ НЕСТРУКТУРИРОВАННОЙ ДОКУМЕНТИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Гагарина Л.Г., Слюсарь В.В., Федоров А.Р., Федоров П.А.

ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», Москва (Зеленоград), e-mail: vslyusar@mail.ru

В статье рассмотрен процесс построения формализованной математической модели поиска и обработки неструктурированной документированной информации в рамках реализации концепции промышленного Интернета вещей для автоматизации управления распределенными производственными структурами. Дан краткий обзор наиболее распространенных способов математических методов извлечения контента из массивов неструктурированной документированной информации (метод TF-IDF, применение скрытых марковских моделей). Разработано формализованное представление для дальнейшего построения алгоритмов извлечения данных из массивов неструктурированной информации с использованием моделей ссылочного ранжирования (ранжирование документов массива представлено в виде может быть представлено в виде системы итерационных линейных алгебраических уравнений), индексации документов (определена зависимость веса термина в данной документе от частоты термина и количества документов, в которых данный термин встречается) и формализации обработки неструктурированных данных веб-документов (определено конечное множество выделенных из неструктурированного массива релевантных данных, очищенных от шумов, над которыми возможны дальнейшие действия по структуризации). На основе проведенных исследований будут разработаны алгоритмы и методы обработки неструктурированной информации в распределенных АСУП, ориентированных на работу в условиях предприятий, реализующих концепцию промышленного Интернета вещей.

Ключевые слова: промышленный Интернет вещей, поиск и обработка информации, математическая модель

DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODEL OF UNSTRUCTURED DOCUMENTED INFORMATION SEARCHING AND PROCESSING

Gagarina L.G., Slyusar V.V., Fedorov A.R., Fedorov P.A.

National Research University of Electronic Technology, Moscow (Zelenograd), e-mail: vslyusar@mail.ru

The article deals with the process of constructing a formalized mathematical model for searching and processing unstructured documented information within the framework of the implementation of the industrial Internet concept. Things for automating the management of distributed production structures. A brief overview of the most common methods of mathematical methods for extracting content from arrays of unstructured documented information (TF-IDF method, application of hidden Markov models) is given. A formalized representation for the further construction of algorithms for extracting data from arrays of unstructured information using reference ranking models is developed (the ranking of the array documents can be represented in the form of a system of iterative linear algebraic equations), indexing of documents (the weight of the term in this document is determined from the frequency of the term and the number of documents in which the term occurs) and the formalization of processing is unstructured s Web document data (defined by a finite set of isolated unstructured array of relevant data, cleared of noise over which possible further actions to structure). Based on the conducted research, algorithms and methods for processing unstructured information in distributed automated control systems will be developed, oriented to work in the conditions of enterprises that implement the concept of the industrial Internet of things.

Keywords: Industrial Internet of Things, information retrieval and processing, mathematical model

В настоящее время в промышленном производстве всё большее распространение получает концепция так называемого индустриального (или «промышленного») Интернета вещей (Industrial Internet of Things, IIoT), под которым понимается интернет вещей для корпоративного/ отраслевого применения. Реализация данной концепции предполагает развертывание в рамках предприятия (корпорации) системы объединенных компьютерных сетей и подключенных промышленных (производственных) объектов со встроенными датчиками и ПО для сбора и обмена данными, с возможностью удаленного контроля и управления в автоматизированном режиме, без участия человека [1].

Одной из особенностей функционирования подобных систем является необходимость обработки значительных объемов неструктурированных данных, их фильтрации и адекватной интерпретации, что является приоритетной задачей для предприятий.

Для выполнения функций обработки неструктурированных данных в рамках реализации концепции промышленного Интернета вещей в рамках распределенной автоматизированной системы управления предприятием (АСУП) реализуется технология Web Mining – использование методов Data Mining для исследования и извлечения информации из Web-документов и сервисов [2].

Цель исследования: при создании эффективных подсистем поиска и обработки неструктурированной информации в рамках АСУП промышленного Интернета вещей, реализующих технологию WebMining разработчики могут столкнуться с проблемами, аналогичными проблемам, характерным для работы с информацией в сети Интернет, а именно:

1. Поиск значимой информации. Зачастую множество ссылок, предоставляемых поисковыми системами, только незначительный процент предоставляет релевантную информацию; кроме того, поиск неиндексированной информации затрудняется за счет низкой повторяемости вызовов.

2. Создание новых знаний вне полученной из поисковой системы информации.

3. Персонализация информации.

4. Изучение потребителя или индивидуального пользователя (необходимости персонализации поисковых систем) [3].

Проведем краткий обзор наиболее известных математических методов извлечения контента из массивов неструктурированной документированной информации.

Метод TFIDF

Данный метод предполагает использование двух понятий (метрик):

1. Частота термина TF (*term frequency*), определяемая как отношение количества вывлечений некоторого термина к общему количеству слов документа. Данная метрика позволяет оценить вестермина t_i в пределах отдельного документа:

$$tf(t, d) = \frac{n_i}{\sum_k n_k}, \quad (1)$$

где n_i – количество вхождений i -го термина в документ, $\sum_k n_k$ – общее количество слов в данном документе, включающее общеупотребительные и связующие слова [4].

2. «Инвертированная частота документа» IDF (*inverse document frequency*) инверсия частотности встречаемости заданного термина встречается в документах массива, позволяющая снизить веса связующих и общеупотребительных слов. Для каждого уникального слова в пределах конкретной коллекции документов существует только одно значение IDF (2):

$$idf(t, D) = \log \frac{|D|}{|\{t \in d_i | d_i \in D\}|}, \quad (2)$$

где $|D|$ – количество документов массива, $|\{t \in d_i | d_i \in D\}|$ – количество документов в массиве D , в которых встречается t .

Таким образом, мера TF-IDF определяется по следующей формуле:

$$tf - idf(t, d, D) = tf(t, d) \times idf(t, D). \quad (3)$$

При использовании данной меры максимальный вес получают термины с высокой частотой в пределах одного документа и с низкой частотой употреблений в других документах [4].

Известны также различные модификации модели *tf-idf*. Одним из примеров является мера Окари BM25 [5]. Наиболее существенным ограничением использования *tf-idf* является необходимость неизменности набора данных в течение всего времени расчета, что значительно усложняет вычисления, если требуется их проведение в режиме реального времени.

Скрытые марковские модели

Рассмотрим формальное описание скрытой марковской модели (СММ).

Каждая модель определяется следующими параметрами:

1. Множество $S = \{s_1, s_2, \dots, s_N\}$ из N состояний.

2. Начальное распределение вероятностей $P = \{p_i\}$.

3. Матрица вероятностей переходов между состояниями $A = \{a_{ij}\}$.

4. Матрица вероятности генерации наблюдений $B = \{b_j(Ot)\}$, где $b_j(Ot)$ – вероятность генерации наблюдения Ot в момент времени t в состоянии $qt = sj$, $b_j(Ot) = P(Ot|qt = sj)$.

Представленная таким образом модель является одномерной, но для поиска и обработки документированной информации интерес представляют псевдомногомерные СММ, состоящие из конечного количества элементов, называемых суперпозициями, каждый из которых в свою очередь представляет собой отдельную СММ [6].

В рамках функционирования автоматизированной поисковой системы, использующей СММ, документ может быть представлен в форме случайного n -мерного дискретного сигнала, обладающего n признаками, образующими индекс. В свою очередь индекс (вектор-документ) может извлекаться из документа различными способами, такими как преобразование Карунена – Лоэва [7].

Полученные вектор-документы распределяются по состояниям модели, определяющим некоторые ключевые признаки поиска. Например, СММ, реализующая поиск журнальных статей, может состоять из шести суперсостояний, соответствующих параметрам статьи (Название, автор(ы), наименование журнала, год, номер, ISBN), каждое из которых делится на отдельные состояния.

В данном разрезе поиск документов основывается на выявлении схожести в многомерном пространстве. Мерой схожести является функция, определяющая значение схожести между двумя или более объектами на основе некоторых предопределенных критериев или метрик. Под метрикой понимается функция расстояния r , определенная на метрическом множестве, для любых точек a, b, c которого верна следующая система условий:

$$\begin{cases} r(a,b) = r(b,a) \\ r(a,b) = 0 \Leftrightarrow a = b \\ r(a,b) + r(b,c) \geq r(a,c) \end{cases} \quad (4)$$

Рассмотрим процесс поиска информации следующим образом.

Пусть O – объект массива, L – объект запроса, K – ключевые документы, r – метрика. На основе (1) можно утверждать истинность следующих неравенств:

$$\begin{cases} r(O,K) \leq r(O,L) + r(L,K) \\ r(L,K) \leq r(O,L) + r(L,K) \end{cases} \quad (5)$$

Соответственно, расстояние от объекта запроса до объекта массива $r(O,L) \geq r(O,K) - r(L,K)$.

Таким образом, путем последовательного сравнения объектов массива и запроса с ключевым объектом, может быть выделена нижняя граница метрик схожести между документом и запросом, позволяющая отсеять ту часть массива документов, которая не удовлетворяет запросу.

Первое представление математической модели, для формализованного представления задачи поиска и обработки информации в рамках концепции промышленного интернета вещей – математическая модель ссылочного ранжирования [8]. Рассмотрим web-документы и ссылки на них в виде графа, в котором документы являются вершинами, а ссылки – дугами графа. Пусть $G(V, E)$ – ориентированный граф, где V – множество вершин, а E – множество дуг. ОСИ можно представить в виде разреженной матрицы S – матрицы смежности графа G , состоящей из элементов (2.1)

$$S_{ij} = \begin{cases} 0, & (i, j) \in E \\ 1, & \text{иначе} \end{cases}, i, j \in V. \quad (5)$$

В матрице могут одновременно присутствовать ссылки как вида (i, j) , так и (j, i) . Пусть Θ – некое множество тематик, $T(i, j, t)$ – функция веса ссылки (j, i) в тематике $t \in \Theta$ (так называемого тематического веса), $\deg(i, t)$

$\deg(i, t) = \sum_{j=0}^N T(i, j, t) \cdot S_{ij}$ – сумма весов всех

исходящих ссылок i -й вершины в тематике t , $P = T(i, j, t) / \deg(i, t)$ – вероятность перехода пользователя по ссылке (i, j) . Матрица тематических весов для ссылок (i, j) может быть записана в следующем виде:

$$\forall e \in \Theta : S(i, j) = S_{ij} \cdot P(i, j, t).$$

Таким образом, тематическое ранжирование i -й вершины может быть представлено в виде системы итерационных линейных алгебраических уравнений:

$$X_i^{k+1} = (1-d) + d \cdot \sum_{j=1}^N X_j^k \cdot S(i, j),$$

где d – коэффициент затухания, k – номер итерации, X_j^k – значение ранга j -й вершины в ходе k -й итерации k .

Второе математическое представление задачи поиска и обработки неструктурированной документированной информации – модель индексации документов

Математическая модель индексации может быть сформирована в виде

$$S = \{D, T, Q, R\},$$

где $D = \{d_i\}_n$ – множество документов в массиве,

$T = \{t_j\}_m$ – множество терминов, индексирующих смысловую нагрузку документов,

$Q = \{q_i\}_m$ – множество запросов пользователей либо операторов систем,

$R = \{r_i\}_n$ – множество выданных в результате поиска ссылок на документы,

n, m – соответственно количество документов в массиве и используемых терминов.

Если $W = \{w_{ij}\}_{n \times m}$ – матрица, определяющая отношения терминов к документам, где w_{ij} – вес j -го термина в i -м документе с учетом всех документов, для которых $w_{ij} \in [0;1]$, то $w_{ij} = 0$, если j -й термин не встречается в i -м документе; наоборот $w_{ij} = 1$, когда j -й термин 100% соответствует i -му документу.

Работа информационно-поисковой системы (ИПС) может быть определена как вычисление вектора ответа $R = W \cdot Q$ путем преобразования вектора запроса Q в соответствии с матрицей W .

Для реализации преобразования необходимо произвести определение весовых коэффициентов терминов. Данное определение может быть представлено в виде следующего алгоритма:

1. Производится определение веса j -го термина для i -го документа. Обозначим её как $f_{ij} = u_{ij}^t / u_j^w$, где u_{ij}^t – общее число выявленных появлений j -го термина в i -м документе, u_j^w – общее количество слов в i -м документе. Тогда f_{ij} – коэффициент веса j -го

термина в i -м документе без учета остального массива (в случае, когда данный коэффициент максимален для $j \in [1, N]$, j -й термин определяется как отражающий содержание i -го документа.

2. Производится определение общего веса j -го термина в рамках всего массива документов. Сравнивая соотношение общего количества документов в массиве n и n_j^d – количество документов, в которых встречается j -й термин (так называемая документная частота), можно определить, является ли слово значимым термином для данного документа (чем меньше значение n_j^d , тем большим весом может обладать j -й термин в документе). Для нормализации возможно проведение операции натурального логарифмирования n и n_j^d . Таким образом, обратная документная частота определяется

$$\text{как } f_i^d = \ln(n) - \ln(n_j^d) = \ln\left(\frac{n}{n_j^d}\right) [9].$$

Общий вес j -го термина в i -м документе вычисляется как

$$w_{ij} = f_{ij} \cdot f_j^d = (u_{ij}^t / u_i^w) \cdot \ln(n / n_j^d).$$

Таким образом, можно говорить о сосредоточении j -го термина в i -м документе при повышении его частоты в данном документе и снижении количества документов, содержащих j -й термин.

На основе приведенного метода возможно построение матрицы отношений W , которая является основой базы индексов информационно-поисковой системы.

Третье представление – формализация обработки неструктурированных данных веб-документов.

Данная задача может быть сформулирована следующим образом: Имеется множество веб-ориентированных документов $P = \{p_1, p_2, \dots, p_n\}$, каждый из которых определяется набором признаков (переменных) $p_j = \{x_1, x_2, \dots, x_m, y\}$, где x_m – блок информации, содержащейся в документе, определяющей значение переменной y – значение интересующей пользователя информации, очищенной от шума [10].

В свою очередь каждая переменная x_m может принимать значения из некоторого множества $Z = \{z_1, z_2, \dots\}$. Таким образом, конечное множество выделенных из неструктурированного массива релевантных данных, очищенных от шумов, над которыми возможны дальнейшие действия по структуризации, определяется как $D = \{Z \rightarrow y\}$.

Заключение

Представленные формализованные представления являются основой для даль-

нейшей разработки методов и алгоритмов обработки неструктурированной информации в распределенных АСУП, ориентированных на работу в условиях предприятий, реализующих концепцию промышленного Интернета вещей. На основе разработанных представлений предполагается создание и программная реализация модуля интегрированной корпоративной информационной системы для управления цифровым предприятием с распределенными информационными массивами.

По результатам предварительных прогнозов можно предполагать повышение эффективности работы программных модулей, использующих реализацию разработанных формализованных представлений, в среднем на 7–10% по сравнению с существующими системами поиска и обработки неструктурированной информации.

Кроме того, существуют практические перспективы применения результатов разработки в области Web Mining для создания программных средств извлечения неструктурированной информации с веб-страниц.

Список литературы

1. Алан Рот. Внедрение и развитие Индустрии 4.0. Основы, моделирование и примеры из практики. М., Editorial URSS, 2017. 294 с.
2. Alalouf C. Hybrid OLAP. St. Laurent, Canada: Speedware Corporation Inc., 1997.
3. Shiryayev A.P., Dorofeev A.V., Fedorov A.R., Gagarina L.G., Zaycev V.V. LDA models for finding trends in technical knowledge domain. Proceedings of the 2017 IEEE Russia section Young researchers in electrical and electronic engineering conference (ElConRus 2017). Saint-Petersburg, 2017. P. 551–554.
4. Jones K.S. A statistical interpretation of term specificity and its application in retrieval. Journal of Documentation. MCB University Press. 2004. Т. 60, № 5. P. 493–502.
5. Окапи BM25. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Okapi_BM25 (дата обращения: 19.06.2018).
6. Гульяева Т.А., Попов А.А. Классификация последовательностей с использованием скрытых марковских моделей в условиях неточного задания их структуры // Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2013. № 3. С. 57–63.
7. Hidden Markov Model Toolkit Book. Cambridge University Engineering Department, 2001–2009. URL: http://htk.eng.cam.ac.uk/prot-docs/htk_book.shtml (дата обращения: 20.06.2018).
8. Kapitanov A.I., Kapitanova I.I., Troyanovskiy V.M., Slyusar V.V., Fedotova E.L. Investigation of the influence of outliers on text documents probabilistic classifier quality. Proceedings of the 2017 IEEE Russia section Young researchers in electrical and electronic engineering conference (ElConRus 2017). Saint-Petersburg, 2017. P. 438–439.
9. Касумов В.А. Поисковые механизмы библиотечно-информационных систем Internet. URL: <http://www.gpntb.ru/win/inter-events/crimea2000/doc/tom1/444/Doc15.HTML> (дата обращения: 10.08.2018).
10. Христий С.П., Слюсарь В.В. Разработки модели решения взаимодействия информационных систем различного назначения // Инновационные подходы к решению технико-экономических проблем-2017: сборник трудов Международной конференции. М.: МИЭТ, 2017. С. 213–217.

УДК 519.6:532.546.2

**МОДЕЛИРОВАНИЕ ФИЛЬТРАЦИИ ЧАСТИЦ
НА ВЫХОДЕ ПОРИСТОЙ СРЕДЫ****Галагуз Ю.П., Сафина Г.Л.***Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,
Москва, e-mail: yuri.galaguz@gmail.ru*

Исследование фильтрации жидкости с твердыми частицами в пористой среде является неотъемлемой задачей в подземной гидромеханике, при проектировании туннелей, гидротехнических сооружений, подземных хранилищ радиоактивных отходов. При прохождении потока суспензии через пористую горную породу часть твердых частиц застревает в порах и образует осадок. В работе рассматривается механико-геометрический механизм захвата частиц: твердые частицы свободно проходят через большие поры, размеры которых превосходят диаметр частиц, и застревают на входе малых пор с поперечным сечением, меньше размеров частиц, причем одна частица может блокировать одну малую пору, одна малая пора может захватить одну твердую частицу. Предполагается, что осажденная частица не может быть выбита из поры другими частицами или потоком жидкости. Рассматривается модель фильтрации монодисперсной суспензии в однородной пористой среде с переменными пористостью и проницаемостью. Математическая модель фильтрации состоит из двух дифференциальных уравнений в частных производных первого порядка, описывающих движение твердых частиц в пористой среде. Известными служат концентрации взвешенных и осажденных частиц. Первое уравнение связано с законом сохранения массы частиц, второе задает скорость роста осадка. Коэффициент пропорциональности между скоростью роста осадка и концентрацией взвешенных частиц называется коэффициентом фильтрации. На выходе пористой среды построены асимптотические решения концентраций взвешенных и осажденных частиц 1, 2 и 3-го порядков. Вычисления показывают, что асимптотика высокого порядка очень близка численному решению.

Ключевые слова: фильтрация, пористая среда, фронт концентраций, коэффициент фильтрации, асимптотика

MODELING OF PARTICLES FILTRATION AT THE POROUS MEDIUM OUTLET**Galaguz Yu.P., Safina G.L.***National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, e-mail: yuri.galaguz@gmail.ru*

The study of filtration of fluid with solid particles in a porous medium is an integral problem in underground hydromechanics, in the design of tunnels, hydraulic structures, underground storage of radioactive waste. As the suspension flows through the porous rock, a part of the solid particles get stuck in the pores and form a deposit. The mechanical-geometric mechanism of particle capture: solid particles pass freely through large pores larger than the diameter of the particles and get stuck at the inlet of small pores with a cross section smaller than the particle sizes is considered. At that one particle blocking one small pore, one small pore can capture one solid particle. It is assumed that the retained particles can not be knocked out of the pore by other particles or a fluid flow. The model of deep bed filtration of a monodisperse suspension in a homogeneous porous medium with variable porosity and permeability is considered. The mathematical model of filtration consists of two first-order partial differential equations determining the motion of solid particles in a porous medium. The concentrations of suspended and retained particles are unknown. The first equation is related to the mass balance of particles, the second determines the growth rate of the deposit. The proportionality coefficient between the growth rate of the deposit and the suspended particles concentration is called the filtration coefficient. At the outlet of the porous medium, asymptotic solutions of the concentrations of suspended and retained particles of 1, 2, and 3 orders of magnitude are constructed. The calculations show that the high order asymptotics are very close to the numerical solution.

Keywords: filtration filtration, porous medium, concentration front, filtration coefficient, asymptotic

Фильтрация жидкости с твердыми примесями в пористой среде – важная задача подземной гидромеханики, актуальная при строительстве туннелей, гидротехнических сооружений, подземных хранилищ радиоактивных отходов [1–3]. Фильтрация суспензии в пористой среде описывает транспортировку и осаждение твердых частиц на скелете пористой среды. Образование осадка существенно меняет пористость, проницаемость и прочность пористой среды [4].

При движении потока суспензии в пористой среде имеется множество различных механизмов образования осадка:

силы Ван-дер-Ваальса, электростатическое взаимодействие, адсорбция, гидродинамические силы и т.п. Если распределения размеров пор и взвешенных частиц пересекаются, то определяющим является механико-геометрический механизм захвата частиц: твердые частицы свободно проходят через большие поры, размеры которых превосходят диаметр частиц, и застревают на входе малых пор с поперечным сечением меньше размеров частиц [5]. Рассматривается физическая модель одиночного запираания пор и захвата частиц: одна частица может блокировать одну малую пору, одна малая пора может

захватить одну твердую частицу. Предполагается, что осажденная частица не может быть выбита из поры другими частицами или потоком жидкости.

Математическая модель фильтрации суспензии включает уравнение баланса масс взвешенных и осажденных частиц и кинетическое уравнение роста осадка [6]. Основные характеристики пористой среды – пористость и проницаемость, меняются в процессе фильтрации. Взвешенные частицы движутся с переменной скоростью, зависящей от величины осадка. В кинетическом уравнении коэффициент пропорциональности между скоростью роста осадка и концентрацией взвешенных частиц называется коэффициентом фильтрации. Коэффициент фильтрации является убывающей функцией концентрации осадка. Если коэффициент фильтрации достигает нуля, то он называется блокирующим. Корень коэффициента фильтрации соответствует максимальному значению концентрации осадка, при которой все малые поры заблокированы частицами [7].

Цель исследования: построение асимптотики задачи фильтрации на выходе пористой среды, сравнение асимптотической модели различных порядков с численным решением, проведение анализа экспериментальных данных и нахождение временных интервалов применимости полученных результатов.

Материалы и методы исследования

Математическая модель одномерной задачи фильтрации монодисперсной суспензии в пористой среде с переменной пористостью и проницаемостью описывается квазилинейной гиперболической системой уравнений

$$\frac{\partial(g(S)C + S)}{\partial t} + \frac{\partial(f(S)C)}{\partial x} = 0, \quad (1)$$

$$\frac{\partial S}{\partial t} = \Lambda(S)C. \quad (2)$$

Здесь $C(x, t)$; $S(x, t)$ – объемные концентрации взвешенных и осажденных частиц, $\Lambda(S)$ – коэффициент фильтрации, функции $g(S)$, $f(S)$, $\Lambda(S)$ гладкие и положительные при $S \geq 0$.

Система уравнений (1), (2) рассматривается в области $\Omega = \{0 < x < 1, t > 0\}$.

Краевые условия для системы (1), (2) ставятся на входе пористой среды $x = 0$ и в начальный момент времени $t = 0$:

$$C(x, t)|_{x=0} = 1; \quad (3)$$

$$C(x, t)|_{t=0} = 0; \quad (4)$$

$$S(x, t)|_{t=0} = 0. \quad (5)$$

При проведении лабораторных исследований в полую пористую среду (условия 4, 5) впрыскивается суспензия постоянной концентрации (условие 3), и измеряется концентрация взвешенных частиц C на выходе пористой среды $x = 1$. Для сравнения теоретических расчетов с экспериментом наиболее важна асимптотика решения $C(x, t)|_{x=1}$.

Взвешенные частицы переносятся потоком несущей жидкости со скоростью $v = \frac{f(S)}{g(S)}$ и постепенно

заполняют пористую среду. Фронт концентраций взвешенных и осажденных частиц – подвижная двухфазная граница Γ движется с постоянной скоростью

$$v_0 = \frac{f(0)}{g(0)}.$$

В плоскости x, t фронт концентраций является отрезком прямой линии $\{(x, t) : t = \alpha x, 0 \leq x \leq 1\}$;

$\alpha = \frac{g(0)}{f(0)}$, который делит область Ω на две подобласти

$$\Omega_s = \{0 < x < 1, t > x\}; \quad \Omega_0 = \{0 < x < 1, 0 < t < x\}.$$

В области Ω_0 решение нулевое: $C = 0$; $S = 0$; в области Ω_s решение положительно: $C > 0$; $S > 0$. Решение $C(x, t)$ разрывно на фронте концентраций Γ ; решение $S(x, t)$ непрерывно в Ω .

Точное решение задачи (1)–(5) на фронте концентраций имеет вид [8]

$$C(x, t)|_{\Gamma} = \frac{1}{(\alpha f_1 - g_1) + (1 + g_1 - \alpha f_1)e^{\frac{\lambda_0 x}{\alpha}}}; \quad (6)$$

$$S(x, t)|_{\Gamma} = 0.$$

Предположим, что в окрестности точки $S = 0$ функции $s(S)$, $f(S)$, $\Lambda(S)$ можно представить в виде

$$g(S) = g_0 + g_1 S + g_2 S^2 + \dots, \quad g_0 > 0; \quad (7)$$

$$f(S) = f_0 + f_1 S + f_2 S^2 + \dots, \quad f_0 > 0; \quad (8)$$

$$\Lambda(S) = \lambda_0 + \lambda_1 S + \lambda_2 S^2 + \dots, \quad \lambda_0 > 0. \quad (9)$$

В области Ω_s вблизи фронта концентраций асимптотическое решение задачи строится в виде рядов по степеням малого параметра $t - \alpha x$:

$$C(x, t) = c_0(x) + (t - \alpha x)c_1(x) + (t - \alpha x)^2 c_2(x) + \dots \quad (10)$$

$$S(x, t) = (t - \alpha x)s_0(x) + (t - \alpha x)^2 s_1(x) + (t - \alpha x)^3 s_2(x) + \dots \quad (11)$$

Здесь главный член асимптотики взвешенных частиц задан формулой (6):

$$c_0(x) = C(x, t)|_{\Gamma}.$$

Подставляем разложения (10), (11) в уравнение (1) и приравниваем к нулю выражения при одинаковых степенях $(t - \alpha x)$. Получаем уравнения

$$(t - \alpha x)^0 : g_1 s_0(x) c_0(x) + s_0(x) + c_0'(x) f_0 - \alpha f_1 s_0(x) c_0(x) = 0; \quad (12)$$

$$(t - \alpha x)^1 : 2 [g_1 s_0(x) c_1(x) + g_1 s_1(x) c_0(x) + g_2 s_0^2(x) c_0(x) + s_1(x)] + \\ + [f_1 s_0'(x) c_0(x) + f_1 s_0(x) c_0'(x) + f_0 c_1'(x)] - \\ - 2\alpha [f_1 s_1(x) c_0(x) + f_2 s_0^2(x) c_0(x) + f_1 s_0(x) c_1(x)] = 0; \tag{13}$$

$$(t - \alpha x)^2 : 3 (g_1 s_0(x) c_2(x) + g_1 s_1(x) c_1(x) + g_2 s_0^2(x) c_1(x) + \\ + g_1 s_2(x) c_0(x) + 2g_2 s_0(x) s_1(x) c_0(x) + g_3 s_0^3(x) c_0(x) + s_2(x)) + \\ + (f_1 s_1'(x) c_0(x) + f_1 s_1(x) c_0'(x) + 2f_2 s_0(x) s_0'(x) c_0(x) + f_2 s_0^2(x) c_0'(x) + \\ + f_1 s_0'(x) c_1(x) + f_1 s_0(x) c_1'(x) + f_0 c_2'(x)) - \\ - 3\alpha (f_1 s_2(x) c_0(x) + 2f_2 s_0(x) s_1(x) c_0(x) + f_3 s_0^3(x) c_0(x) + f_1 s_1(x) c_1(x) + \\ + f_2 s_0^2(x) c_1(x) + f_1 s_0(x) c_2(x)) = 0. \tag{14}$$

Подстановка (10), (11) в уравнение (2) дает алгебраические соотношения

$$(t - \alpha x)^0 : s_0 = \lambda_0 c_0; \tag{15}$$

$$(t - \alpha x)^1 : 2s_1 = \lambda_0 c_1 + \lambda_1 s_0 c_0; \tag{16}$$

$$(t - \alpha x)^2 : 3s_2 = \lambda_0 c_2 + \lambda_1 (s_0 c_1 + s_1 c_0) + \lambda_2 s_0^2 c_0. \tag{17}$$

Единственность решений $c_i(x)$ дифференциальных уравнений (12)–(14) определяется граничными условиями, которые следуют из (3):

$$c_i(x) \Big|_{x=0} = 0. \tag{18}$$

Старшие члены асимптотики определяются из уравнений (12), (13), (15), (16). Получаем асимптотические разложения

$$C(x, t) = c_0(x) + (\lambda_0 \alpha_2 (1 - e^{2kx}) + (1 + \alpha_1) (\lambda_1 - 2kf_1) e^{kx} (1 - e^{kx})) c_0^3(x) (t - \alpha x); \tag{19}$$

$$S(x, t) = \lambda_0 c_0(x) (t - \alpha x) + \\ + \frac{\lambda_0}{2} (\alpha_1 e^{kx} (2(\lambda_1 - kf_1) - (\lambda_1 - 2kf_1) e^{kx}) + \lambda_0 \alpha_2 (1 - e^{2kx}) - \lambda_1 \alpha_1) c_0^3(x) (t - \alpha x). \tag{20}$$

Здесь $\alpha_1 = g_1 - \alpha f_1$, $\alpha_2 = g_2 - \alpha f_2$, $k = \lambda_0 / f_0$ являются константами.

Следующие члены асимптотики не могут быть выписаны в общем виде из-за громоздкости выражений. Однако их можно вычислить для конкретных коэффициентов уравнений (1), (2) при $x = 1$.

Результаты исследования и их обсуждение

Коэффициенты, полученные Z. You на основе лабораторных экспериментов для частиц трех размеров [8], собраны в таблицу.

Анализ коэффициентов фильтрации показал, что функция $\Lambda_1(S)$ убывает до точки минимума $S_0 = 1,95$, а затем возрастает. Точное решение на входе пористой среды при $x = 0$ [9]

$$\int_0^{S(0,t_0)} \frac{dS}{\Lambda(S)} = t_0 \tag{21}$$

позволяет определить момент достижения концентрации S_0 : $t_0 = 19,6$. С учетом времени $\Delta t = 1$ движения фронта концентраций от входа пористой среды к выходу получаем временной интервал применимости экспериментальных данных для частиц типа 1 при $x = 1$: $0 \leq t \leq 20,6$.

Коэффициенты фильтрации $\Lambda_2(S)$, $\Lambda_3(S)$ убывают до нуля, следовательно, экспериментальные данные для частиц 2 и 3 типов применимы при $1 \leq t < \infty$.

Численный расчет решения выполнен методом конечных разностей по явной разностной схеме с шагами, согласованными на фронте концентраций $t = \alpha x$: $h_x = 0,001$; $h_t = \alpha h_x$ аналогично [10]. Расчет асимптотики концентрации взвешенных и осажденных частиц 1, 2 и 3 типа на выходе пористой среды $x = 1$ до третьего порядка произведен при помощи программного комплекса Wolfram Mathematica:

$$C_1(1, t) = 0,8958 + 0,001261(t - 0,9988) - 6,5051 \cdot 10^{-6}(t - 0,9988)^2;$$

$$S_1(1, t) = 0,09854(t - 0,9988) - 0,0005269(t - 0,9988)^2 + 1,4578 \cdot 10^{-6}(t - 0,9988)^3;$$

$$C_2(1, t) = 0,5988 + 0,001446(t - 0,9795) - 1,1264 \cdot 10^{-6}(t - 0,9795)^2;$$

$$S_2(1, t) = 0,3054(t - 0,9795) - 0,0001759(t - 0,9795)^2 - 8,1664 \cdot 10^{-7}(t - 0,9795)^3;$$

$$C_3(1, t) = 0,1811 + 0,0006315(t - 0,8413) + 8,8487 \cdot 10^{-7}(t - 0,8413)^2;$$

$$S_3(1, t) = 0,2808(t - 0,8413) + 0,0004016(t - 0,8413)^2 + 1,6298 \cdot 10^{-7}(t - 0,8413)^3.$$

Коэффициенты уравнений, полученные в ходе лабораторных исследований

Тип	Радиус частицы, мк	Коэффициенты уравнений
1	$r_1 = 1,5675$	$g_1(S) = 0,9987 + 9,1 \cdot 10^{-13} S - 3,73 \cdot 10^{-8} S^2 + 6,1 \cdot 10^{-5} S^3$
		$f_1(S) = 0,9999 + 1,8 \cdot 10^{-5} S - 2,05 \cdot 10^{-7} S^2 + 2,848 \cdot 10^{-4} S^3$
		$\Lambda_1(S) = 0,11 - 0,01351 \cdot S + 4,49 \cdot 10^{-5} S^2 + 1,163 \cdot 10^{-3} S^3$
2	$r_1 = 2,179$	$g_2(S) = 0,9743 - 8,88 \cdot 10^{-14} S + 1,27 \cdot 10^{-11} S^2 - 1,24 \cdot 10^{-9} S^3$
		$f_2(S) = 0,9947 + 6,27 \cdot 10^{-5} S - 2,9 \cdot 10^{-8} S^2 + 6,21 \cdot 10^{-10} S^3$
		$\Lambda_2(S) = 0,51 - 5,956 \cdot 10^{-3} S + 2,29 \cdot 10^{-6} S^2 + 1,35 \cdot 10^{-8} S^3$
3	$r_3 = 3,168$	$g_3(S) = 0,7635 + 2,44 \cdot 10^{-15} S + 3,2 \cdot 10^{-14} S^2 + 3,6 \cdot 10^{-13} S^3$
		$f_3(S) = 0,9075 + 2,315 \cdot 10^{-4} S + 2,27 \cdot 10^{-8} S^2 - 3,42 \cdot 10^{-8} S^3$
		$\Lambda_3(S) = 1,551 - 3,467 \cdot 10^{-3} S - 1,16 \cdot 10^{-6} S^2 - 1,16 \cdot 10^{-7} S^3$

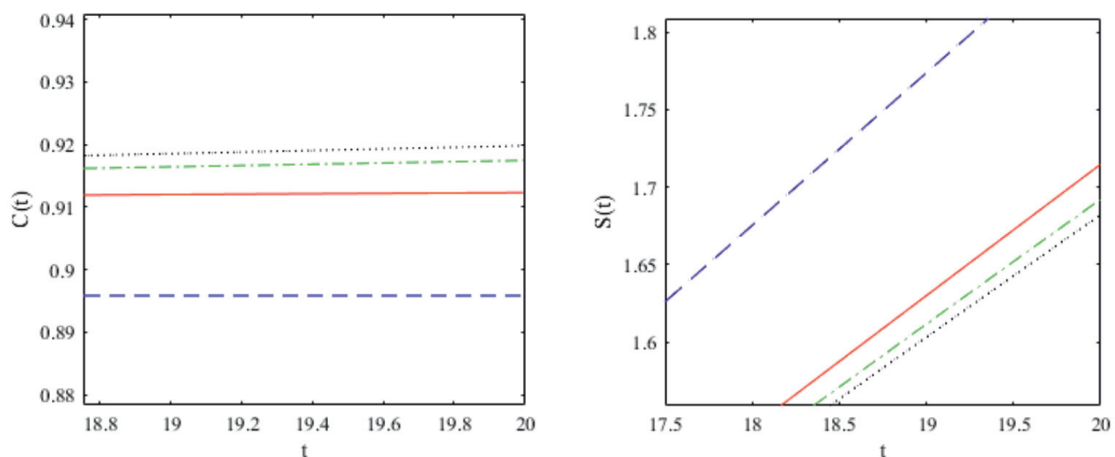


Рис. 1. Тип 1 а) укрупненный вид $C_i(x, t)|_{x=r}$ б) укрупненный вид $S_i(x, t)|_{x=l}$

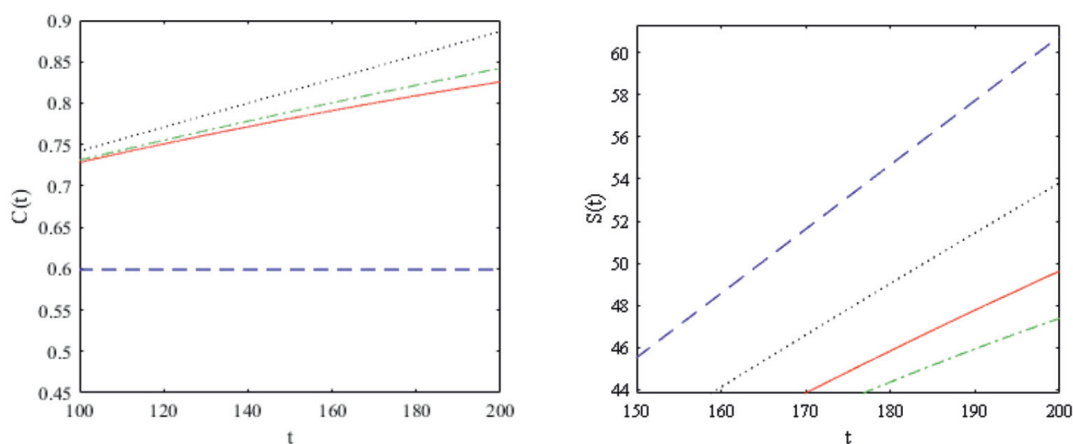


Рис. 2. Тип 2 а) укрупненный вид $C_2(x, t)|_{x=r}$ б) укрупненный вид $S_2(x, t)|_{x=l}$

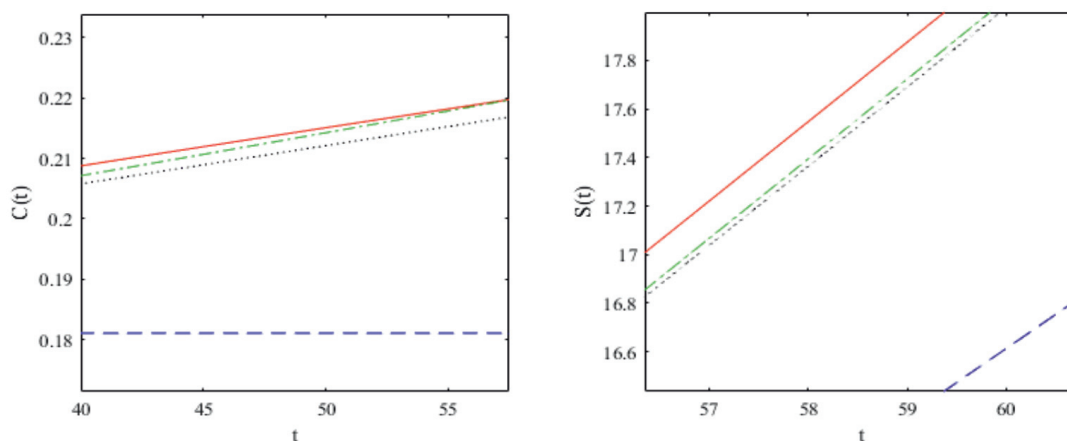


Рис. 3. Тип 3 а) укрупненный вид $C_3(x, t)|_{x=r}$ б) укрупненный вид $S_3(x, t)|_{x=l}$

На рис. 1–3 изображены графики численного решения и асимптотики 1, 2 и 3-го порядков концентраций взвешенных и осажденных частиц отдельно для частиц 1, 2 и 3-го типов.

На рис. 1–3 показано, что асимптотики быстро приближаются к численному решению с возрастанием их порядка. Разница между численным решением и асимптотикой третьего порядка составляет менее 2% на всем временном интервале.

Заключение

Анализ экспериментальных данных показал, что модель фильтрации (1)–(5) применима для частиц 1 типа в ограниченном временном интервале $0 \leq t \leq 20,6$; для частиц 2 и 3 типов временной интервал неограничен.

Для задачи фильтрации в пористой среде с переменными пористостью и проница-

емостью члены асимптотики 2 и 3 порядков не могут быть выписаны в общем виде из-за громоздких выражений. Однако для конкретных значений параметров на выходе пористой среды асимптотические формулы принимают компактный вид и могут использоваться для приближенного вычисления решения.

Для задачи фильтрации монодисперсной суспензии на выходе из пористой среды построены асимптотические решения различных порядков. Показано, что с увеличением числа членов асимптотика становится ближе к решению. Наилучшее приближение дает асимптотическое решение 3 порядка.

Список литературы

1. Li S., Liu R., Zhang Q., Zhang X. Protection against water or mud inrush in tunnels by grouting: a review. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering. 2016. vol. 8. P. 753–766.

2. Tsuji M., Kobayashi S., Mikake S., Sato T., Matsui H. Post-Grouting Experiences for Reducing Groundwater Inflow at 500 m Depth of the Mizunami Underground Research Laboratory, Japan. *Procedia Engineering*. 2017. vol. 191. P. 543–550.
3. Yoon J., Mohtar C.S.El. Groutability of Granular Soils Using Bentonite Grout Based on Filtration Model. *Transport in Porous Media*. 2014. vol. 102. no. 3. P. 365–385.
4. Civan F. *Reservoir Formation Damage: Fundamentals, Modeling, Assessment and Mitigation*. Amsterdam: Gulf Professional Publishing. 2016. 1044 p.
5. Santos A., Bedrikovetsky P., Fontoura S. Analytical micro model for size exclusion: Pore blocking and permeability reduction. *Journal of Membrane Science*. 2008. vol. 308. P. 115–127.
6. You Z., Bedrikovetsky P., Kuzmina L. Exact solution for long-term size exclusion suspension-colloidal transport in porous media. *Abstract and Applied Analysis*. 2013. ID 680693.
7. Kuzmina L.I., Osipov Yu.V. Asymptotic solution for deep bed filtration with small deposit. *Procedia Engineering*. 2015. vol. 111. P. 491–494.
8. You Z., Osipov Y., Bedrikovetsky P., Kuzmina L. Asymptotic model for deep bed filtration. *Chemical Engineering Journal*. 2014. vol. 258. P. 374–385.
9. Vyazmina E.A., Bedrikovetskii P.G., Polyaniin A.D. New classes of exact solutions to nonlinear sets of equations in the theory of filtration and convective mass transfer. *Theoretical Foundations of Chemical Engineering*. 2007. vol. 41. no 5. P. 556–564.
10. Galaguz Y.P., Safina G.L. Modeling of fine migration in a porous medium. *MATEC Web of Conferences*. 2016. vol. 86. ID 03003.

УДК 51-77:330.46

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ЭКОЛОГО-ИНВЕСТИЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ РЕГИОНА**Кисляков И.М., Медведев А.В.***Кемеровский институт (филиал) Российского экономического университета имени Г.В. Плеханова, Кемерово, e-mail: kemerovo85@mail.ru*

В данной статье рассматривается вопрос учета различных рисков составляющих в математической модели эколого-экономического взаимодействия управляющего (административного) центра и инвестора (производителя). Большинство имеющихся математических моделей эколого-экономического взаимодействия имеют имитационный характер (не рассматривают применение задачи оптимизации). В этой связи с их помощью невозможно выявить экономический потенциал производителя, который определяет максимальные уровни загрязнения окружающей среды. Учет рисков факторов может позволить управляющему центру или другим лицам, принимающим решения, выявлять не только оптимальный характер эколого-экономического взаимодействия, но и, более того, отразить изменения в эколого-экономическом климате как совокупности соответствующего потенциала и учета рисков, которые можно трактовать как затраты на обеспечение экологической, экономической, финансовой и других видов безопасности развития региона. Предложена математическая модель, описывающая способ взаимодействия управляющего центра территории и производителя, учитывающая указанные факторы. Математическая модель является задачей линейного оптимального управления, для которой имеются эффективные алгоритмы и автоматизированные программные комплексы её анализа. Указанная модель и результаты её анализа позволяют рассматривать их как инструменты поддержки принятия решений, направленных на улучшение эколого-экономического развития региона.

Ключевые слова: региональный управляющий центр, производитель, инвестиции, экологический платеж, риски, математическая модель

MATHEMATICAL MODEL OF THE REGION'S ECOLOGICAL-INVESTMENT ATTRACTION**Kislyakov I.M., Medvedev A.V.***Kemerovo Institute of Russia Economic University named after G.V. Plekhanov, Kemerovo, e-mail: kemerovo85@mail.ru*

This article considers the issue of taking into account the various risk components in the mathematical model of ecological and economic interaction between the manager (administrative) center and the investor (producer). Most of the available mathematical models of environmental-economic interaction are imitative (they do not consider the application of the optimization problem). In this regard, with their help, it is impossible to identify the economic potential of the producer, which determines the maximum levels of environmental pollution. Accounting for risk factors may allow the managing center or other decision-makers to identify not only the optimal nature of the eco-economic interaction, but, even more, reflect changes in the environmental and economic climate as a combination of appropriate capacity and risk management, which can be treated as costs to ensure environmental, economic, financial and other types of region's security development. Here is proposed a mathematical model that describes the way in which the managing center of the territory and the producer interacts, taking into account these factors. The mathematical model is the task of linear optimal control, for which there are effective algorithms and automated software complexes for its analysis. This model and the results of its analysis allow us to consider them as a tool for supporting decision-making aimed at improving the region's ecological and economic development.

Keywords: regional manager center, manufacturer, investment, environmental fee, risk, mathematical model

Текущее развитие мировой экономики ведет к ужесточению экономической конкуренции как между странами, так и между отдельными регионами. Мировые производители стараются перенести свои основные производственные фонды (ОПФ) в любую точку нашей планеты с наиболее выгодными для них условиями (с точки зрения прибыли) производства, происходит процесс глобализации экономики с переносом загрязняющих предприятий в развивающиеся страны. В этом процессе экологические риски не всегда учитываются в полной мере как в угоду целям собственно экономического развития, так и в силу особенностей эко-

лого-экономической политики конкретных регионов [1]. В этой связи задача оценки инвестиционной привлекательности (климата) региона или любой территории, на которой осуществляется масштабное производство, негативно воздействующее на окружающую природную среду (ОПС), является актуальной в свете необходимости учета интересов проживающего населения. Помимо рисков производственного, инвестиционного, финансового, социального и другого характеров для участников эколого-экономического процесса на территории практически всегда возникают экологические риски. Например, для регионального управляющего центра

(РУЦ) в качестве экологических рисков его деятельности могут выступать необходимость осуществления затрат на поддержку социальных, медицинских, экологических программ, направления средств на строительство больниц, закупку лекарств, восстановление экосистем, развитие экологически чистого производства, а для производителя (инвестора) при запуске проектов, предполагающих ухудшение экологии, – необходимость вложений в очистные сооружения, затрат на установку и использование наилучших доступных технологий (НДТ) с целью снижения негативного воздействия на ОПС [2]. Для улучшения эколого-экономического климата необходимо использовать механизмы комплексного оценивания уровня экологических рисков с учетом оценки производственного потенциала производителя. Классический подход к оцениванию экологических рисков основан на учете потенциального ущерба от реализации рисков экологического события и вероятности его возникновения, которая в большинстве случаев определяется статистическим или экспертным методом [3]. Отечественный и зарубежный опыт в области разработки механизмов снижения экологических рисков можно разделить на следующие классы [4]: механизмы экономической ответственности (система нормативов, квот, отклонение от которых приводит к наложению штрафов), механизмы стимулирования снижения уровня риска (льготы налогообложения, кредитования природоохранных мероприятий), механизмы перераспределения риска (государственное, независимое, взаимное страхование), механизмы резервирования (формирование материальных, трудовых ресурсов, мощностей на случай чрезвычайных ситуаций), механизмы формирования и распределения специальных фондов и механизмы управления региональными программами, которые задействуют все механизмы, включая в том числе механизмы согласования интересов органов власти [5]. Целью данной работы является изложение системного подхода к оценке эколого-инвестиционной привлекательности региона, включающего концепцию, математическую модель, ориентированную на ее использование в автоматизированной системе поддержки принятия управленческих решений как управляющим центром, так и производителем [6, 7].

Материалы и методы исследования

Определим понятие эколого-экономической привлекательности территории как некоторую совокупность факторов, учитывающую взаимодействие ее экономического потенциала и возникающих при функционировании территории экологических рисков. Пред-

положим, что эколого-экономическая политика в регионе разрабатывается региональным управляющим центром, заинтересованным в эффективном функционировании региона, как эколого-экономической системы. Предположим также, что необходимо организовать взаимодействие РУЦ и производителя, которое будет способствовать эколого-экономической привлекательности региона. Следуя поставленному требованию развития региона, количественно определим риски, возникающие при таком развитии, как финансовые потери из-за неправильно поставленной или недостигнутой стратегической цели эколого-экономического развития. В качестве стратегических целей для РУЦ будем рассматривать максимизацию объективно обусловленных экономическим потенциалом производителя налоговых платежей, включающих экологические платежи, а для производителя – максимизацию NPV (чистой приведенной стоимости) проекта по производству продукции или направления экономической деятельности, с учетом ограничений своего функционирования (экологических, производственных инвестиционных, финансовых и т.д.). При этом для численной оценки риска необходимо перейти от натурального выражения объемов производства (определяющих объемы загрязняющих выбросов) к финансовому (денежному) [8], такому как, например, стоимостные затраты на восстановление работоспособности системы при реализации выбранных рисков. Для достижения цели исследования построим оптимизационную математическую модель эколого-экономической привлекательности региона. Результатом формирования эколого-экономической политики предполагается получение такого оптимального распределения имеющихся потенциальных инвестиций и объемов производимой в регионе продукции n видов, а также значений коэффициента экологического платежа, при которых решена многокритериальная задача максимизации их суммы для РУЦ и максимизации чистой приведенной стоимости (NPV) проекта для производителя. Предположим, кроме того, что в регионе заданы (найденны) зависимости рисков $r_i = f_i(x)$ кризисного развития системы в i -м направлении ($i = 1, \dots, m$; m – количество направлений) обеспечения экологической, экономической, финансовой и других видов безопасности от вектора затрат $x \in R^l$ (l – количество статей затрат) на их избежание (устранение, исключение, уменьшение) [9]. Отметим, что при математическом моделировании деятельности производителя традиционно учитывается часть рисков функционирования региона (например, к ним относятся риски инфляции, неплатежеспособности и/или недофинансирования производителя, риски недопроизводства и/или перепроизводства продукции).

В связи с необходимостью практической программной реализации решения поставленной задачи и учитывая большую размерность задачи и множество ее ограничений [10], для оперативной поддержки принятия управленческого решения РУЦ будем считать, что зависимость функций f_i от x линейна, а именно $f_i = a_i - b_i x$. Линейность функций f_i позволяет строить оптимизационные модели эколого-экономического взаимодействия РУЦ и производителя с выходом на создание СППР. Предположим, что:

- 1) каждый вид продукции производится с помощью одного комплекта ОПФ, т.е. выполняется принцип «чистых отраслей»;
- 2) рассматриваются два участника взаимодействия – РУЦ и производитель;
- 3) РУЦ и производитель располагают либо собственными, либо заемными (дотационными) сред-

ствами для финансирования своей деятельности (либо избежания/устранения своих рисков);

4) учитываются лишь те виды налогов и сборов, которые зависят от искомым объемов инвестиций и производства продукции: налог на добавленную стоимость (НДС), страховые взносы в социальные фонды (СВ), налог на имущество (НИ), налог на прибыль (НП), экологические платежи и другие);

5) ОПФ, используемые при производстве, загружены максимально, т.е. имеют максимальную фондоотдачу.

Результаты исследования и их обсуждение

Модифицируем представленную в работе [11] математическую постановку изложенной выше задачи с учетом цели текущей работы. Пусть n – количество видов производимой продукции и, в соответствии с принципом «чистых отраслей», комплектов основных производственных фондов (ОПФ), $x_k = c_k m_k$ – оптимальные суммы инвестиций в ОПФ k -го вида, где c_k – стоимость k -го ОПФ, m_k – оптимальное количество единиц ОПФ k -го вида, $x_{n+k} = P_k m_k y_k$ – оптимальная выручка от продажи продукции k -го вида ($k = 1, \dots, n$), где P_k – стоимость единицы продукции k -го вида, y_k – оптимальный объем продукции, произведенной комплектом ОПФ k -го вида, x_{2n+1} – оптимальная сумма кредитов, x_{2n+2} – оптимальная сумма дотаций на осуществление текущей деятельности производителя, x_{2n+2+l} ($l = 1, \dots, L$) – оптимальные затраты на предотвращение l -го риска производителя, L – количество рисков производителя, $x_{2n+2+L+m}$ ($m = 1, \dots, M$) – оптимальные затраты на предотвращение m -го риска РУЦ, M – количество рисков РУЦ; a_k , d_k – максимальные издержки, которые несут соответственно производитель и РУЦ в случае отсутствия затрат на k -м рисковом направлении своего функционирования; b_k , e_k – задаваемые экспертно коэффициенты, имеющие смысл соответственно для каждого производителя и РУЦ, оценки значимости эффекта от осуществленных затрат на k -м рисковом направлении своего функционирования, V_k , T_k – производительность, срок полезного использования k -го ОПФ; $N_1 = \alpha_1 R = \alpha_1 \sum_{k=1}^n x_{n+k}$ – налог на добавленную стоимость (НДС) за год, $N_2 = \alpha_2 \sum_{k=1}^n \left(1 - \frac{T}{T_k}\right) x_k$ – налог на имущество (НИ) за год, $N_3 = \alpha_3 W^b$ – налог на прибыль (НП) за год, $N_4 = \alpha_4 \beta R = \alpha_4 \beta \sum_{k=1}^n x_{n+k}$ – страховые взносы в социальные фонды (СВСФ) $N_5 = \alpha_5 \sum_{k=1}^n x_{n+k}$ – дополнительные затраты (ДЗ) производителя, зависящие от объемов

производства (например, налог на добычу полезных ископаемых); α_i , $i = 1, \dots, 5$ – соответственно ставки НДС, НИ, НП,

СВСФ и ДЗ; $Shtraf = \alpha_s \sum_{k=1}^n \frac{\xi_k}{P_k} x_{n+k}$ – сумма

экологического платежа за год, α_s – коэффициент экологического платежа, ξ_k – удельный выброс загрязнителя на единицу продукции k -го вида; T – горизонт планирования эколого-экономического проекта; r – годовая ставка дисконтирования инвестиционного проекта, учитывающая инфляцию, уровень требований инвестора и другие экономические и политические риски деятельности производителя; $r_3 = \frac{rT}{1 - (1+r)^{-T}} - 1$ – эф-

фективная ставка дисконтирования, учитывающая динамические особенности критериев эффективности в предположении постоянства потоков прибыли и амортизации на всем горизонте планирования; q_k – стоимостной спрос на продукцию k -го вида, z_k – оборотные затраты на производство продукции k -го вида; δ_k – фондоотдача (эффективность, мощность) ОПФ k -го вида, D_k – предельно допустимые выбросы (ПДВ) загрязнителя от производства k -й продукции, θ_k – удельные оборотные затраты (на единицу продукции) производителя; DS^0 – собственные начальные средства производителя; Cr – оптимальный поток кредитования текущей деятельности производителя, r_0 – ставка кредита на финансирование текущей деятельности, T_0 – срок кредита на финансирование текущей деятельности, Cr_{max} – максимально возможный размер годового кредита, взятого на финансирование текущей деятельности, Dot_{max} – максимально возможная сумма годовых дотаций производителю, I_{max} – максимально возможная сумма инвестиций производителя, L_1 , L_2 – соответственно максимальные суммы затраты на избежание (устранение) всех выделенных рисков производителя и РУЦ.

Используя представленные в [11] алгоритмы расчета потоков доходов и расходов производителя, имеющие линейную зависимость от искомым переменных модели, сформулируем следующую математическую модель эколого-инвестиционной привлекательности добывающей территории в форме двухкритериальной задачи линейного программирования.

$$J_1 = \frac{T(W^r + Am)}{1 + r_3} - I - \frac{r_0(12T_0 + 1)}{24} Cr - \sum_{l=1}^L (f_l(x_{2n+2+l})) \rightarrow \max, \quad (1)$$

$$J_1 = \frac{T \sum_{k=1}^n ((\gamma_k - 1 - r_3)x_k + \eta_k x_{n+k})}{1 + r_3} - \frac{r_0(12T_0 + 1)}{24} x_{2n+1} - \sum_{l=1}^L (a_l - b_l x_{2n+2+l}) \rightarrow \max, \quad (1')$$

$$J_2 = \sum_{i=1}^5 N_i + Shtraf - \sum_{m=1}^M (f_m(x_{2n+2+L+m})) \rightarrow \max, \quad (2)$$

$$J_2 = T \cdot \frac{\sum_{k=1}^n \zeta_k x_k + \sum_{k=1}^n \varepsilon_k x_{n+k}}{1 + r_3} + \alpha_s \sum_{k=1}^n \frac{\xi_k}{P_k} x_{n+k} - \sum_{m=1}^M (d_m - e_m x_{2n+2+L+m}) \rightarrow \max, \quad (2')$$

$$\sum_{k=1}^n x_k \leq I_{\max}, \quad (3)$$

$$x_{n+k} \leq \delta_k x_k, \quad (4)$$

$$x_{n+k} \leq q_k, \quad (5)$$

$$-\sum_{k=1}^n [(\alpha_3 - 1)\gamma_k] x_k - \sum_{k=1}^n (1 - \alpha_3)(1 - \eta_k) x_{n+k} - x_{2n+1} - x_{2n+2} \leq DS^0, \quad (6)$$

$$x_{2n+1} \leq Cr_{\max}, \quad (7)$$

$$x_{2n+2} \leq Dot_{\max}, \quad (8)$$

$$\xi_k \frac{x_{n+k}}{P_k} \leq D_k, \quad (9)$$

$$\sum_{l=1}^L x_{2n+2+l} \leq L_1, \quad (10)$$

$$\sum_{m=1}^M x_{2n+2+L+m} \leq L_2, \quad (11)$$

$$x_m \geq 0 \quad (m = 1, \dots, 2n + 2 + L + M), \quad (12)$$

где

$$\gamma_k = (\alpha_3 - 1) \left(\frac{T}{T_k} + \alpha_2 \left(1 - \frac{T}{T_k} \right) + \frac{\theta_k V_k}{c_k} + \frac{T}{(\alpha_3 - 1) T_k} \right),$$

$$\eta_k = (1 - \alpha_3) \left(1 - \beta - \alpha_1 - \alpha_4 \beta - \alpha_5 - \alpha_s \frac{\xi_k}{P_k} \right);$$

$$\zeta_k = \alpha_2 \left(1 - \frac{T}{T_k} \right) + \alpha_3 \left(-\frac{T}{T_k} - \alpha_2 \left(1 - \frac{T}{T_k} \right) - \frac{\theta_k V_k}{c_k} \right);$$

$$\varepsilon_k = \alpha_1 + \alpha_3 \left(1 - \beta - \alpha_1 - \alpha_4 \beta - \alpha_5 - \frac{\alpha_s \xi_k}{P_k} \right) + \alpha_4 \beta + \alpha_5 + \frac{\alpha_s \xi_k}{P_k},$$

(1), (1') – критерий производителя (содержательный и математический вид соответственно), представляющий собой сумму дисконтированной по ставке r_3 суммы прибыли и оценки имущества, а также осуществленных инвестиций на рассма-

триваемом горизонте планирования; (2), (2') – критерий управляющего центра (содержательный и математический вид соответственно), означающий максимизацию поступающих в бюджет территории сумм налогов и платежей за нарушение экологи-

ческих норм; (3) – условие ограниченности максимальных инвестиций; (4) – условие ограниченности выручки от продажи продукции фондоотдачей (эффективностью, мощностью) ОПФ; (5) – условие ограниченности выручки от продажи продукции спросом на продукцию, (6) – условие неотрицательности суммы собственных средств производителя, гарантирующее его платежеспособность на всем горизонте планирования; (7) – условие ограниченности максимальных годовых кредитов; (8) – условие ограниченности максимальных годовых дотаций; (9) – условие ограниченности выбросов загрязняющих веществ объемами предельно допустимых выбросов (ПДВ); (10) – условие ограниченности суммарных затрат на устранение рисков производителя; (11) – условие ограниченности суммарных затрат на устранение рисков РУЦ; (12) – условие неотрицательности значений искомым переменных модели.

Несложно установить, что задача, описываемая математической моделью (1)–(12), имеет решение, так как допустимое множество представляет собой непустой (содержит тривиальное решение), ограниченный компакт. Наличие нетривиального решения, на модельных данных, было показано с использованием пакета [12].

Выводы

Таким образом, предложенная математическая модель описывает инвестиционную, производственную и финансовую деятельность производителя с учетом экологических факторов, основные стратегические потоки РУЦ и регионального производителя и содержит такие искомые переменные, как оптимальные объемы инвестиций, производства, кредитов, дотаций, предотвращения рисков и имеет решение для всех значений входящих в нее параметров. Наличие групп переменных, учитывающих затраты на устранение рисков, в рамках представленной постановки, позволяет рассматривать модель (1)–(12) как модель эколого-инвестиционной привлекательности территории. Данная математическая модель может быть реализована в СППР для принятия эффективных эколого-инвестиционных решений как региональным управляющим центром, так и производителем.

Статья подготовлена в рамках выполнения научно-исследовательской работы по теме: «Эколого-экономический механизм функционирования минерально-сырьевых кластеров для обеспечения устойчивого развития добывающих регионов» (приказ ФГБОУ ВО «Российский экономический университет им. Г.В. Плеханова» № 637 от 08.05.2018).

Раздел «Методы исследования» данной статьи подготовлен при поддержке Департамента образования и науки Кемеровской области в рамках Соглашения о грантах из регионального бюджета на осуществление исследовательских проектов (проект «Интеллектуальная ответственность как основа устойчивого развития угледобывающего региона (на примере Кемеровской области)»). Соглашение № 21 от 14.08.2018 г.

Список литературы

1. Кудряшова И.А. Влияние глобализации мировой экономики на формирование региональной экономической политики: автореф. дис. ... д-ра экон. наук / И.А. Кудряшова. Москва, 2008. 43 с.
2. Киселева Т.В., Михайлов В.Г. Методы оценки и управление эколого-экономическими рисками как механизм обеспечения устойчивого развития эколого-экономической системы // Системы управления и информационные технологии. 2012. Т. 48, № 2. С. 69–74.
3. Михайлов В.Г., Киселева Т.В., Михайлов Г.С. Влияние эколого-экономических рисков на основные технико-экономические показатели предприятия // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии. Материалы Всероссийской научно-практической конференции. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2017. С. 336–338.
4. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Модели и механизмы управления эколого-экономическими системами // Проблемы управления. 2009. № 1. С. 2–7.
5. Бурков В.Н., Новиков Д.А., Щепкин А.В. Механизмы управления эколого-экономическими системами. М.: Физматлит, 2008. 243 с.
6. Гурман В.И., Либенсон И.Р., Скитневский Д.М. Моделирование устойчивого развития региона и инвестиционных стратегий // Сибирский торгово-экономический журнал. 2013. № 1. С. 10–16.
7. Киселева Т.В., Михайлов В.Г. Экспресс-анализ эколого-экономических показателей предприятия, как элемент принятия эффективного управленческого решения // Информационно-телекоммуникационные системы и технологии: материалы Всероссийской научно-практической конференции. Кемерово: Кузбасский государственный технический университет, 2014. С. 71–72.
8. Захарова Е.Н., Барташевич А.А. Управление эколого-экономическими рисками в системе инструментов регионального устойчивого развития // Вестник Адыгейского государственного университета. 2011. № 4. С. 79–88.
9. Медведев А.В. Математическая модель оценки инвестиционной привлекательности региона // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8–2. С. 357–361.
10. Системное моделирование и анализ мезо-и микро-экономических объектов / отв. ред. В.В. Кулешов, Н.И. Сулов; РАН, Сиб. отд-ние, ИЭОПП СО РАН, Новосибирск, 2014. 419 с.
11. Кисляков И.М., Медведев А.В. Модификация модели эколого-экономического взаимодействия предприятия и административного центра в регионе // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2016. № 8–3. С. 438–441.
12. Свидетельство Роспатента № 2014612483. Автоматизированный программный комплекс определения экологических штрафов предприятия: программа для ЭВМ / А.В. Медведев, И.М. Кисляков (RU); правообладатели А.В. Медведев, И.М. Кисляков (RU); заявл. 07.11.2013; опубл. 26.02.2014. 2047 К6. URL: <http://www1.fips.ru/Archive/EVM/2014/2014.03.20/Index.htm>.

УДК 669.1:[546.27+546.56]

ИССЛЕДОВАНИЕ ФОРМИРОВАНИЯ ДИФФУЗИОННЫХ СЛОЕВ НА СТАЛИ 20 ПРИ ОДНОВРЕМЕННОМ НАСЫЩЕНИИ БОРОМ И МЕДЬЮ**¹Лысых С.А., ¹Хараев Ю.П., ²Корнопольцев В.Н., ¹Бутуханов В.А.**¹*Восточно-Сибирский государственный университет технологий и управления, Улан-Удэ, e-mail: kharaev@inbox.ru;*²*Байкальский институт природопользования Сибирского отделения Российской академии наук, Улан-Удэ, e-mail: kompo@mail.ru*

Одним из распространенных и эффективных методов повышения эксплуатационных свойств деталей машин и инструмента является химико-термическая обработка (ХТО), позволяющая существенно изменять физико-механические свойства поверхностных слоев стальных изделий. Большое внимание исследователей уделяется таким методам поверхностного упрочнения, как борирование, титанирование, силицирование, которые дают возможность формировать особые свойства на поверхности обычных марок стали. Данный подход содержит безусловный потенциал с точки зрения технологичности и экономической эффективности, поскольку позволяет ставить вопрос о сокращении использования дорогостоящих высоколегированных сталей. Одним из актуальных направлений является комплексное диффузионное насыщение бором совместно с другими элементами. Целью данной работы является исследование влияния одновременного насыщения бором и медью на формирование диффузионных слоев на поверхности стали 20. Процесс диффузионного насыщения проводился в порошковой среде. Для одновременного насыщения бором и медью использовались порошковые смеси, содержащие оксид меди. В качестве поставщика бора использовали обезвоженную борную кислоту, которая восстанавливается в процессе термообработки. Показано, что с увеличением содержания оксида меди в насыщающей смеси, происходит увеличение размера диффузионного слоя. Установлено, что при одновременном насыщении поверхности стали 20 бором и медью наибольшая толщина диффузионного слоя достигается при содержании в составе насыщающей смеси 7% CuO.

Ключевые слова: бор, медь, насыщающая смесь, металлографические исследования, диффузионный слой**THE STUDY OF FORMATION OF DIFFUSION LAYERS ON STEEL 20 WITH THE SIMULTANEOUS SATURATION WITH BORON AND COPPER****¹Lysykh S.A., ¹Kharaev Yu.P., ²Kornopoltsev V.N., ¹Butukhanov V.A.**¹*East-Siberian State University of Technologies and Management, Ulan-Ude, e-mail: kharaev@inbox.ru;*²*Baikal Institute of Nature Management Siberian branch of the Russian Academy of sciences, Ulan-Ude, e-mail: kompo@mail.ru*

One of the most common and effective methods for improving the operational properties of machine parts and tools is chemical-thermal processing, which allows to significantly change the physical and mechanical properties of the surface layers of steel products. The great attention of the researchers is paid to such methods of surface hardening as borating, titration, silicification, which enable to form special properties on the surface of conventional steel grades. This approach contains an unconditional potential in terms of manufacturability and cost-effectiveness, since it allows us to raise the issue of reducing the use of expensive high-alloy steels. One of the topical areas is the complex diffusion saturation with boron together with other elements. The aim of this work is to study the effect of simultaneous saturation with boron and copper on the formation of diffusion layers on the surface of steel 20. The diffusion saturation process was carried out in a powdered medium. For the simultaneous saturation with boron and copper, powder mixtures containing copper oxide were used. As a boron supplier, dehydrated boric acid was used, which is recovered during the heat treatment. It is shown that with an increase in the content of copper oxide in the saturating mixture, the size of the diffusion layer increases. It was found that with simultaneous saturation of the steel 20 surface with boron and copper, the maximum thickness of the diffusion layer is reached when the content of the saturating mixture is 7% CuO.

Keywords: boron, copper, saturating the mixture, metallographic studies, diffusion layer

Химико-термическая обработка (ХТО) на сегодня является одним из перспективных и эффективных методов улучшения эксплуатационных свойств деталей машин и инструмента, позволяющим существенно изменять физико-механические свойства поверхностных слоев стальных изделий. Увеличивается количество исследований, посвященных таким методам поверхностного упрочнения, как борирование, титанирование, силицирование, которые дают возможность формировать особые свойства на поверхности обычных марок стали [1–3]. Данный подход содержит безусловный потенциал с точки зрения технологичности и экономи-

ческой эффективности, поскольку позволяет ставить вопрос о сокращении использования дорогостоящих высоколегированных сталей. Особый интерес представляют исследования диффузионного упрочнения поверхностей ответственных деталей машин, предполагающих высокие требования к качеству поверхностного слоя и размерной точности [4]. В этой связи представляют интерес исследования, ориентированные на изучение возможности совмещения борирования с другими элементами, направленные на преодоление такого недостатка как хрупкость боридных слоев, а также исследования возможности финишной механической обра-

ботки упрочненной поверхности для попадания в поле допуска на размер.

Более широкое распространение данных методов сдерживается недостаточными сведениями о процессах формирования функционально-градиентных поверхностей, что обуславливает актуальность исследований, направленных на создание таких поверхностей. Одним из таких актуальных направлений является диффузионное насыщение бором совместно с другими элементами. Целью данной работы является исследование влияния одновременного насыщения бором и медью на формирование диффузионных слоев на поверхности стали 20.

Материалы и методы исследования

Процесс диффузионного насыщения проводился в порошковой среде. Для одновременного насыщения бором и медью использовались порошковые смеси, содержащие оксид меди. В качестве поставщика бора использовали обезвоженную борную кислоту, которая восстанавливается в процессе термообработки. Подготовленные образцы из стали погружали в металлический контейнер и засыпали насыщающей смесью. Алюминий вводился как инертный наполнитель, для предотвращения сплавления и спекания насыщающей смеси. В качестве активатора процесса использовался фтористый натрий. Для герметизации в качестве плавкого затвора применяли жидкое стекло. Процесс диффузионного насыщения протекал при температуре 950 °С (1223 К) с выдержкой в камерной печи в течении 4 ч. После контейнеры извлекались, охлаждались на воздухе, образцы очищались от насыщающей смеси путём промывки под струёй воды и производилась подготовка шлифов с последующим травлением для металлографических исследований. Металлографические исследования проводились на оптическом микроскопе «Neophot-21».

Результаты исследования и их обсуждение

Борирование – это достаточно универсальный и эффективный способ химико-термического воздействия на поверхность железоуглеродистых сплавов, позволяющий получать стабильные диффузионные слои с целью повышения эксплуатационных свойств. Наиболее значительно повышается твердость, что приводит к росту износостойкости [5, 6]. Борированию могут подвергаться углеродистые и легированные стали перлитного, ферритного и аустенитного классов. В настоящее время вопросы, связанные с совместным насыщением поверхности различными элементами, привлекают внимание все большего числа исследователей. Проведенные исследования были направлены на поиск оптимального содержания оксида меди в составе насыщающей смеси при одновременном насыщении поверхности стали 20 бором и медью. При химико-термической обработке толщина диффузионного слоя во многом

зависит от технологических факторов и не в последнюю очередь от температуры процесса. На основании литературных данных, посвященных проблемам химико-термической обработки, была определена температура процесса насыщения равная 950 °С, при которой в сталях происходит аустенитное превращение, однако значительного роста зерна не наблюдается. Известно, что медь относится к числу элементов, которые способствуют снижению температуры $\alpha \leftrightarrow \gamma$ превращения железа, тем самым интенсифицируют диффузию, что в конечном счете приводит к увеличению размеров получаемых диффузионных слоев. Для исследования процесса формирования диффузионных слоев при одновременном насыщении бором и медью использовались порошковые смеси, в которых варьировалось содержание оксида меди в соответствии с таблицей.

Содержание CuO в составе насыщающей смеси

Состав 1	3% CuO
Состав 2	5% CuO
Состав 3	7% CuO

На рис. 1–3 представлены микрофотографии структуры диффузионных слоев, полученных на образцах из стали 20 при использовании различных составов насыщающих смесей, указанных в таблице.

На рис. 1 показана фотография микроструктуры диффузионного слоя на поверхности стали 20, сформированного после химико-термической обработки с использованием насыщающей смеси, содержащей оксид меди в количестве 3%.

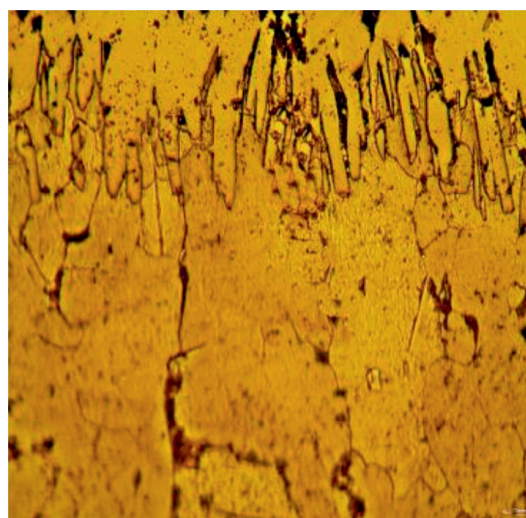


Рис. 1. Микроструктура диффузионного слоя стали 20 при использовании насыщающей смеси состава 1

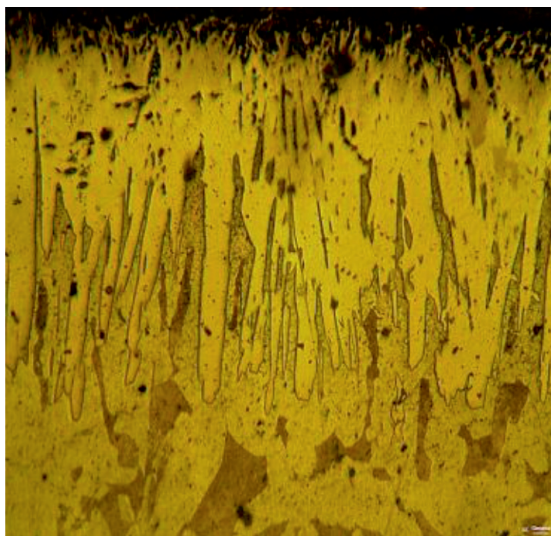


Рис. 2. Микроструктура диффузионного слоя стали 20 при использовании насыщающей смеси состава 2

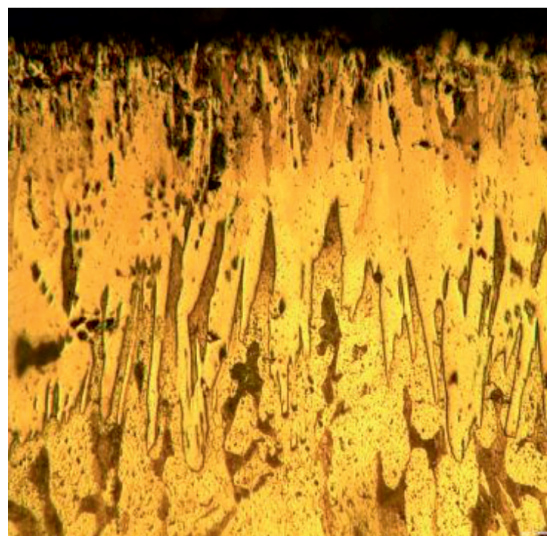


Рис. 3. Микроструктура диффузионного слоя стали 20 при использовании насыщающей смеси состава 3

Во всем наблюдаемом диапазоне структура диффузионного слоя имеет вид равномерных и хорошо сформированных покрытий, нижняя часть которых трансформируется в форму игол, направленных в глубь стального образца. Измеренная величина диффузионного слоя находится в пределах 123...127 мкм.

На рис. 2 показана микроструктура диффузионного слоя, сформированного с использованием насыщающей смеси, содержащей 5% оксида меди. Величина диффузионного слоя составила 160–170 мкм. Анализ фотографий микроструктуры показывает увеличение размера боридных игол, т.е. рост столбчатых кристаллов боридов, особенно по отношению к сплошному слою боридов.

Микроструктура образца стали 20, подвергнутого насыщению с использованием насыщающей смеси состав 3, показана на рис. 3. Содержание оксида меди в насыщающей смеси составило 7%. Величина сформированного диффузионного слоя в пределах 198–205 мкм. Наблюдается заметное увеличение размера диффузионного слоя, как сплошной зоны, так и игол.

По литературным данным все боридные слои предложено разделять на 3 типа:

– 1 тип – самый распространенный вид, острые, растущие перпендикулярно поверхности раздела иглы, состоящие, как правило, из боридов железа состава Fe_2B ;

– 2 тип – менее распространенный, но все же довольно часто встречаемый – иглы, расположенные перпендикулярно поверхности, но имеющие закругленный конец.

Что, как правило, является результатом действия углерода и сильных карбидообразующих легирующих элементов, таких как Cr, Nb, Ti, V, Mo и т.д.;

– 3 тип – редко встречающиеся, но наиболее благоприятные с точки зрения прочности сцепления диффузионного слоя с основной иглы, расположенные под углом к поверхности раздела. Как правило, такие иглы располагаются по границам зерен или растут в теле зерна по местам больших скоплений дислокаций, имеющих большую протяженность.

Полученные боридные слои, как видно из представленных на рис. 1–3 фотографий структур, соответствуют 1 типу. На всех исследованных образцах наблюдается четко выраженный диффузионный слой с характерными иглами присущими боридным слоям. Структура боридного слоя состоит из столбчатых кристаллов, ориентируемых нормально к насыщаемой поверхности, в основании у поверхности они срстаются, образуя сплошной слой. Иглы боридов глубоко врезаются в основной металл. Глубина зоны сплошных боридов заметно отличается от общей глубины диффузионного слоя. Иголообразное строение может быть следствием более свободной подвижности атомов бора в каком-то одном направлении. При этом зародыши боридов так ориентируются к поверхности образца, что кристаллографические расположены нормально к фронту диффузии, что и вызывает быстрый преимущественный рост фазы в направлении к сердцевине. При этом не-

обходимо отметить отсутствие переходного слоя, наличие которого наблюдается при использовании легированных сталей с более сложным химическим составом. Под диффузионным слоем располагается основной металл, имеющий равновесную структуру без видимых следов фазовых превращений.

Наблюдаемая структура сформированных диффузионных слоев на всех исследуемых образцах и во всем диапазоне изменений состава смеси демонстрирует стабильность диффузионных процессов и позволяет говорить об эффективности используемых насыщающих смесей. Присутствие в составе насыщающей смеси оксида меди позволяет получать активные атомы меди за счет химических реакций между компонентами смеси. При этом создаются условия для благоприятного протекания процессов адсорбции и диффузии атомов меди и бора в стальную поверхность. Морфология структуры диффузионного слоя в виде игл и их размеры показывают активность и направленность диффузионных процессов. Известно, что глубина и строение диффузионного слоя при борировании в одинаковых условиях насыщения зависит от содержания углерода в стали, его присутствие затрудняет диффузию бора. Сталь 20, как известно, по классификации относится к низкоуглеродистым сталям, препятствий для диффузии бора по сравнению с высокоуглеродистыми сталями меньше и, вследствие этого, хорошо подвергается диффузионному борированию. Максимальная возможная толщина слоя боридов зависит от температуры процесса насыщения и марки стали (т.е. ее элементного состава) – чем больше легирующих элементов содержит сталь, тем меньшей максимальной толщины диффузионный слой может на ней сформироваться.

Качественной и количественной характеристикой диффузионного насыщения являются толщина (величина) диффузионного слоя. На рис. 4 показана гистограмма зависимости величины диффузионного слоя от количества оксида меди в составе насыщающей смеси.

Анализ гистограммы позволяет утверждать, что при повышении содержания оксида меди в составе насыщающей смеси наблюдается стабильное увеличение диффузионного слоя. В частности, при повышении содержания CuO от 3% до 7% зафиксировано увеличение размера диффузионного слоя от 125 до 200 мкм. Увеличивается как зона сплошных боридов, так и боридных игл. Росту диффузионного слоя способствует тот факт, что медь не образует химических и термически устойчивых соединений с бором, это приводит к обогащению состава как бором, так и медью и, как следствие, к увеличению насыщающей способности смеси. Высокая интенсивность роста столбчатых кристаллов боридов, наблюдаемых в виде игл, является следствием активизации процесса диффузии бора, направленного в глубь металла. Наличие меди в стальных заготовках, как известно, приводит к улучшению обрабатываемости. Стабильное получение на стальных поверхностях диффузионных боридных слоев легированных медью толщиной в пределах 200 мкм и более, позволяет ставить вопрос о возможности применения финишной обработки поверхности глубиной до 100–150 мкм, что не является проблемой на современном станочном оборудовании. Такая возможность открывает перспективу более широкого применения химико-термической обработки, в частности борирования, для ответственных деталей машин, имеющих высокие требования по размерной точности и качеству поверхности.

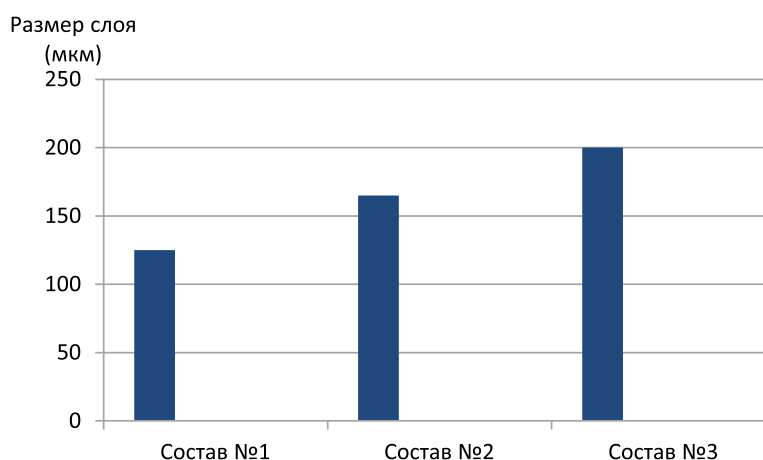


Рис. 4. Гистограмма зависимости величины диффузионного слоя от количества оксида меди в составе насыщающей смеси

Выводы

Показано, что с увеличением содержания оксида меди в насыщающей смеси происходит увеличение размера диффузионного слоя. Установлено, что при одновременном насыщении поверхности стали бором и медью наибольшая толщина диффузионного слоя достигается при содержании в составе насыщающей смеси 7% CuO.

Список литературы

1. Кошелева Е.А. Разработка технологии диффузионного упрочнения поверхности сталей бором и хромом: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.01. Барнаул, 2009. 165 с.
2. Мосоров В.И. Двухкомпонентное диффузионное упрочнение поверхности литых деталей машин диссертация: дис. ... канд. техн. наук: 05.16.09. Барнаул, 2011. 137 с.
3. Иванова Т.Г. Изучение диффузии бора в углеродистых и легированных сталях: дис. ... канд. физ.-мат. наук: 01.04.07. Барнаул, 2015. 150 с.
4. Корнопольцев В.Н. Разработка технологии борирования в порошковой среде, содержащей борную кислоту // Обработка металлов. 2011. № 2. С. 40–43.
5. Корнопольцев В.Н. Интенсификация процессов борирования углеродистых сталей порошковыми смесями // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. 2013. Т. 10. № 2. С. 266–271.
6. Гурьев А.М., Иванов С.Г., Гармаева И.А. Диффузионные покрытия сталей и сплавов. Барнаул: Изд-во АлтГТУ, 2013. 221 с.

УДК 536.24:621.396

**АНАЛИЗ ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ
МЕТОДОМ ПСЕВДООБРАТНОЙ МАТРИЦЫ****Мадера А.Г.***ФГУ ФНЦ «Научно-исследовательский институт системных исследований»
Российской академии наук, Москва, e-mail: alexmadera@mail.ru*

Предложен метод анализа тепловых процессов в технических системах, основанный на псевдорешении уравнений математической модели, описывающей нестационарные и нелинейные тепловые процессы. Метод позволяет определять наилучшее решение уравнений математической модели по критерию минимума суммы квадратов разности правой и левой частей уравнений. Метод разработан для тепловой модели тепловых процессов в технических системах, основанной на концепции системы изотермических тел, находящихся в тепловом взаимодействии между собой и окружающей средой. В этой концепции объемная конструкция технической системы и протекающие в ней тепловые процессы представляются направленным графом, содержащим N узлов, моделирующих изотермические тела, и M ветвей, моделирующих теплообмен между ними и окружающей средой. В состав ветвей тепловой модели могут входить элементы с тепловыми проводимостями, теплоемкостями, внешними зависимыми и независимыми источниками тепловых потоков. С помощью тепловой модели естественным образом моделируются технические системы любой сложности и пространственной конфигурации, стационарные, нестационарные и нелинейные тепловые процессы со сложным теплообменом (кондукцией, конвекцией и излучением), включая различные физические эффекты, такие, например, как тепловая обратная связь, интервально-стохастическая неопределенность факторов теплообмена, течение жидкостной и воздушной среды. Возможность применения псевдорешения при моделировании тепловых процессов основана на том, что матрица уравнений математической модели теплообмена в технических системах, представима в виде разложения $H = AGA^T$ с прямоугольной матрицей инцидентий A и диагональной матрицей тепловых проводимостей G . Метод псевдорешения позволяет также моделировать стохастические тепловые процессы и эффект тепловой обратной связи, что невозможно осуществлять другими методами. Проведено сравнение точных и псевдорешений, показавшее свою адекватность и достаточную для инженерной практики точность.

Ключевые слова: тепловые процессы, техническая система, моделирование, псевдорешение, псевдообратная матрица

**ANALYSIS OF THE THERMAL PROCESSES IN TECHNICAL SYSTEMS
BY THE PSEUDO-INVERSE MATRIX METHOD****Madera A.G.***FSE FSC Scientific Research Institute for System Studies of the Russian Academy of Sciences,
Moscow, e-mail: alexmadera@mail.ru*

A method for analyzing thermal processes in technical systems based on a pseudo-solution of the equations of a mathematical model describing nonstationary and nonlinear thermal processes is proposed. The method allows to determine the best solution of the equations of the mathematical model by the criterion of minimum sum of squares of the difference between the right and left parts of the equations. The method is developed for the thermal model of thermal processes in technical systems based on the concept of a system of isothermal bodies that are in thermal interaction with each other and with the environment. In this concept, the complex design of the technical system and the thermal processes flowing in it are represented by a directed graph containing N nodes simulating isothermal bodies and M branches simulating heat exchange between them and the environment. The branches of the thermal model can include elements with thermal conductivities, heat capacities, external dependent and independent sources of heat fluxes. With the help of the thermal model, technical systems are naturally modeled for any complexity and spatial configuration, stationary, nonstationary and nonlinear heat processes with complex heat exchange (conduction, convection and radiation), including various physical effects, such as thermal feedback, interval stochastic uncertainty of heat transfer factors, flow of liquid and air. Ability to use pseudo-solution for modeling thermal processes is based on the fact that the matrix equations of the mathematical model of heat exchange in technical systems, are represented as a decomposition $H = AGA^T$ with a rectangular matrix incidence A and thermal conductivities diagonal matrix G . The method also allows to model the stochastic thermal processes and the effect of thermal feedback, which can't be carried out by other methods. Comparison of exact and pseudo-solution is carried out showing it adequacy and sufficient accuracy for practice.

Keywords: thermal processes, technical system, simulation, pseudo-solution, pseudo-inverse matrix

Тепловая модель тепловых процессов в технических системах (ТС), основанная на концепции системы изотермических тел [1], находящихся в тепловом взаимодействии между собой и окружающей средой, является в настоящее время наиболее универсальным и эффективным методом теплового моделирования. В этой концепции объемная конструкция ТС и протекаю-

щие в ней тепловые процессы представляются направленным графом, содержащим N узлов, моделирующих изотермические тела, и M ветвей, моделирующих теплообмен между ними и окружающей средой. В состав ветвей тепловой модели могут входить элементы с тепловыми проводимостями, теплоемкостями, внешними зависимыми и независимыми источниками тепло-

вых потоков. С помощью тепловой модели естественным образом моделируются ТС любой сложности и пространственной конфигурации, стационарные, нестационарные и нелинейные тепловые процессы со сложным теплообменом (кондукцией, конвекцией и излучением), включая различные физические эффекты, такие, например, как тепловая обратная связь в ТС, интервально-стохастическая неопределенность факторов теплообмена, течение жидкостной и воздушной среды в ТС.

Математическая модель, описывающая нестационарные, нелинейные тепловые процессы в ТС, представленной тепловой моделью, представляет собой матричное дифференциальное уравнение в обыкновенных производных первого порядка [1]:

$$\begin{aligned} C \frac{dT(t)}{dt} + AG(T, t) A^T \cdot T(t) = \\ = J(T, t) + AG(T, t) \cdot T_a(t), \\ T(0) = T_0, \end{aligned} \quad (1)$$

где $T(t)$ – N -вектор-столбец искоемых нестационарных температур в узлах графа тепловой модели ТС; A – $N \times M$ -матрица инцидентий графа тепловой модели; G – $M \times M$ -диагональная матрица тепловых проводимостей ветвей графа тепловой модели; C – $N \times N$ -диагональная матрица тепловых емкостей изотермических элементов тепловой модели; J – N -вектор независимых источников тепловых потоков в тепловой модели; T_a – N -вектор-столбец известных температур в узлах графа тепловой модели; T_0 – N -вектор начальных температур в узлах графа тепловой модели.

Стационарные и нелинейные тепловые процессы в тепловой модели ТС описываются математической моделью в виде системы нелинейных алгебраических уравнений

$$AG(T) A^T \cdot T = J(T) + AG(T) \cdot T_a, \quad (2)$$

а линейные тепловые процессы, с независимыми от температуры проводимостями в матрице G и независимыми источниками тепловых потоков в векторе J , – математической моделью в виде системы линейных алгебраических уравнений

$$AGA^T \cdot T = J + AG \cdot T_a. \quad (3)$$

Решение матричных уравнений (2) или (3) относительно неизвестного вектора температур T , как правило, осуществляется методом итерации. Для применения итерационного метода исходную систему уравнений предварительно подготавливают, разлагая диагональные элементы h_{ii} ($i = 1, 2, \dots, N$) матрицы $H = AGA^T$ на сумму $h_{ii} = h_{ii}^* + 1$, так

что матрица H становится равной $H = H^* + I$ с единичной диагональной матрицей I . Тогда исходная система (2) или (3) приводится к удобному для итерационного метода виду, а именно, к $T = -H^* \cdot T + J + AG \cdot T_a$. Вместе с тем теорема сходимости процесса итерации [2] накладывает довольно жесткие ограничения на матрицу H^* , требуя выполнение соотношения $H^* < 1$ для какой-либо из ее норм $\|\cdot\|$, которое довольно редко выполняется на практике и чаще вообще не выполняется. Поэтому разработка методов решения как линейных, так и в особенности нелинейных систем уравнений, свободных от подобного рода требований, чрезвычайно актуальна.

Цель исследования: разработка метода, позволяющего определять решение как линейных, так и нелинейных систем алгебраических уравнений вида (2) и (3), моделирующих тепловые процессы в технических системах с приемлемой для практики точностью [3]. Метод основан на так называемом псевдорешении и псевдообратной матрице [4, 5], которое дает решение хотя и приближенное, однако наилучшее в смысле минимума суммы квадратов невязки правой и левой частей уравнений. Применение метода псевдорешения в рассматриваемом случае оказывается возможным ввиду специального вида исходной матрицы системы, а именно, $H = AGA^T$. Представление матрицы тепловой и математической моделей теплообмена как $H = AGA^T$ позволяет применить к поиску решения системы уравнений аппарат псевдообратной матрицы, оказавшийся чрезвычайно гибким и эффективным. Его применение позволяет моделировать тепловые процессы в сложных конструкциях электронных систем [6], стохастические процессы теплообмена [1] и учитывать воздействие эффекта тепловой обратной связи в ТС.

Метод псевдообратной матрицы и псевдорешения

Рассмотрим матричное нелинейное алгебраическое уравнение (2). Умножим обе его части слева на транспонированную матрицу инцидентий A^T , получим

$$A^T AG(T) A^T \cdot T = A^T J(T) + A^T AG(T) \cdot T_a. \quad (4)$$

Матрица $B = A^T A$ равна произведению двух прямоугольных матриц, $M \times N$ -матрицы A^T и $N \times M$ -матрицы A , причем для тепловых моделей реальных ТС выполняется соотношение $N < M$. Ранг матрицы B равен $r = \min\{N, M\}$ и ее представление в виде произведения двух прямоугольных матриц A^T и A является ее скелетным разложением [5]. Поскольку ранг квадратной матрицы

B удовлетворяет условию $r < M$, то матрица B является вырожденной и, следовательно, обратной матрицы не имеет. Вместе с тем существует ее псевдообратная матрица B^+ , обладающая тем замечательным свойством, что для системы уравнений $Bx = y$ (x и y – N -векторы) с прямоугольной или вырожденной матрицей B норма невязки

$$y - Bx^2 = \sum_{i=1}^N \left| y_i - \sum_{j=1}^M b_{ij} x_{ij} \right|^2$$

достигает своего наименьшего среди всех других векторов X значения на, так называемом псевдорешении $X^+ = B^+Y$, выражающемся через псевдообратную матрицу B^+ , причем вектор X имеет при этом и наименьшую длину [4, 5].

Если для вырожденной матрицы B построено ее скелетное разложение $B = A^T A$, то псевдообратная матрица B^+ , может быть выражена в виде [4, 5]

$$B^+ = A^T (AA^T)^{-1} (AA^T)^{-1} A. \quad (5)$$

$$T^+ = (AA^T)^{-1} AG^{-1}(T^+) B^+ A^T (J(T^+) + AG(T^+) \cdot T_a),$$

или после подстановки в него выражения (5) для псевдообратной матрицы B^+ , искомое псевдорешение составит

$$T^+ = (AA^T)^{-1} AG^{-1}(T^+) A^T (AA^T)^{-1} (J(T^+) + AG(T^+) \cdot T_a).$$

Учитывая, наконец, что вид матрицы $C = AA^T$, получим окончательно:

$$T^+ = C^{-1} AG^{-1}(T^+) A^T C^{-1} (J(T^+) + AG(T^+) \cdot T_a). \quad (8)$$

Преимущество определения псевдорешения T^+ (8) перед обычным решением $T = H^{-1} \cdot (J(T) + AG(T) \cdot T_a)$, следующим из (4), состоит в том, что во втором случае требуется постоянное обращение матрицы $H^{-1} = (AG(T)A^T)^{-1}$ при различных значениях температур T , в то время как в первом случае требуется только вычисление диагональной обратной $G^{-1}(T)$, записанной в явном виде относительно температур T , элементы которой легко вычисляются.

Оценка адекватности псевдорешения и сравнение с точным

Проведем оценку и сравнение обычного и псевдорешения между собой и рассмотрим для этого матричное уравнение $AGA^T \cdot x = y$ для двух конкретных случаев.

А) Матрицы и векторы рассматриваемой системы уравнений $AGA^T \cdot x = y$ равны

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & -1 \\ 0 & -1 & 1 \end{pmatrix}, G = \begin{pmatrix} 9 & 0 & 0 \\ 0 & 5 & 0 \\ 0 & 0 & 3 \end{pmatrix}, y = \begin{pmatrix} 4 \\ 6 \end{pmatrix}.$$

Точное решение уравнения $AGA^T \cdot x = y$ и псевдорешение, вычисленное согласно полученному выражению (8), а именно, $x^+ = C^{-1} AG^{-1} A^T C^{-1} \cdot y$ равны соответственно

$$x = \begin{pmatrix} x_1 \\ x_2 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,111111 \\ 1,861111 \end{pmatrix}, x^+ = \begin{pmatrix} x_1^+ \\ x_2^+ \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1,111111 \\ 1,911111 \end{pmatrix}.$$

Тогда уравнение (4) запишется как

$$G(T)A^T \cdot T = B^+ A^T (J(T) + AG(T) \cdot T_a). \quad (6)$$

Матрица $G(T) = \text{diag}\{g_k(T)\}_1^M$, будучи диагональной, имеет обратную диагональную же матрицу, с легко вычисляемыми элементами, то есть $G^{-1}(T) = \text{diag}\{g_k(T)^{-1}\}_1^M$. Умножая обе части матричного выражения (6) слева на обратную матрицу $G^{-1}(T)$, получим

$$A^T \cdot T = G^{-1}(T) B^+ A^T (J(T) + AG(T) \cdot T_a). \quad (7)$$

Умножим теперь обе части матричного выражения (7) слева на матрицу A . Матрица $C = AA^T$ является квадратной, симметричной и невырожденной, поскольку ее ранг $r = N$ совпадает с ее размерностью и, следовательно, матрица $C = AA^T$ имеет обратную матрицу $C^{-1} = (AA^T)^{-1}$. Заметим, что матрица инцидентий A не зависит от температуры и состоит только из элементов 0, +1 и -1.

Окончательное явное псевдорешение T^+ уравнения (7) будет равно

Сравнение точного x и псевдорешения x^+ показывает их практически полное совпадение: первые элементы решений равны 1,111111 и совпадают полностью, а вторые элементы $x_2 = 1,861111$ и $x_2^+ = 1,911111$ различаются между собой с абсолютной погрешностью $\Delta = 0,05$ и относительной погрешностью $\delta = 2,7\%$.

В) Матрицы и векторы уравнения $AGA^T x = y$ равны

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ -1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & -1 & -1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & -1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -10 & 0 & -1 & -1 & 0 \end{pmatrix}, y = \begin{pmatrix} 8,7 \\ 1,8 \\ 3 \\ 0,3 \\ 2,6 \end{pmatrix},$$

$$G = \begin{pmatrix} 0,04 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0,25 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0,15 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0,03 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0,1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,08 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,05 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,17 \end{pmatrix}.$$

Точное решение равно:

$$x = (323,6 \quad 294,9 \quad 293,4 \quad 164 \quad 279)^T,$$

псевдорешение:

$$x^+ = (352,2 \quad 294,5 \quad 303,6 \quad 164 \quad 280,6)^T.$$

Сравнение точного и псевдорешений между собой показывает, что

– вектор абсолютных погрешностей составляет

$$\Delta = (28,6 \quad 0,44 \quad 10,24 \quad 5,97 \cdot 10^{-13} \quad 1,68)^T,$$

– вектор относительных погрешностей

$$\delta = (8,84 \quad 0,15 \quad 3,49 \quad 3,64 \cdot 10^{-13} \quad 0,6)^T, \%$$

Значения относительных погрешностей сравнения точного и псевдорешения показывают, что они не превышают величины 8,9%, что находится в пределах допустимых при инженерных расчетах тепловых режимов ТС.

Выводы

В работе предложен новый метод моделирования и анализа тепловых процессов

в сложных технических системах. Математической моделью тепловых процессов в стационарном случае являются системы алгебраических уравнений: нелинейных для температурозависимых процессов теплообмена и линейных в случае их независимости от температуры. Созданию нового метода решения уравнений математической модели и посвящена данная статья.

Разработанный здесь метод позволяет определять решение как линейных, так и нелинейных систем алгебраических уравнений математической модели (2) и (3) с приемлемой для практики точностью. Метод основан на псевдорешении матричных уравнений и псевдообратной матрице, которое определяет приближенное решение, которое является наилучшим с точки зрения критерия минимума суммы квадратов разности между правой и левой частями матричных уравнений модели. Возможность применения метода псевдорешения и псевдообратной матрицы в рассматриваемом случае обуславливается специальной структурой исходной матрицы системы уравнений, имеющей вид $H = AGA^T$, в котором матрица A и транспонированная ей матрица A^T является матрицей инцидентий графа тепловой модели, а матрица G – диагональной матрицей тепловых проводимостей тепловой модели. Представление матрицы тепловой и математической моделей, представляющих тепловые процессы в технической системе как $H = AGA^T$, делает возможным применение аппарата псевдообратной матрицы к поиску решения системы уравнений. Этот подход показал свою гибкость и эффективность, а также многофункциональность, позволяющую моделировать тепловые процессы в сложных конструкциях электронных систем, стохастические процессы теплообмена и учитывать при этом воздействие эффекта тепловой обратной связи в электронных и микроэлектронных системах.

Отметим также, что норма матрицы H^* в разложении исходной матрицы $H = AGA^T$ системы уравнений $H = H^* + I$, необходимо для проведения итерационного процесса при определении решения системы уравнений $H \cdot x = y$ в первом из рассмотренных случаев равна 21, а во втором – 1,6. Иначе говоря, требование чтобы $H^* < 1$, необходимое для сходимости итерационного процесса, не выполняется, что свидетельствует о том, что применение метода итераций для решения матричных уравнений (2) и (3) математической модели, в обоих рассмотренных случаях невозможно.

Сравнение точного и псевдорешения общей линейной системы уравнений

$AGA^T \cdot x = y$ на конкретных примерах показывает, что наибольшее значение относительной погрешности составляет 8,9% и находится в пределах – не более 15% – допускаемых при инженерных расчетах тепловых процессов технических систем.

Список литературы

1. Мадера А.Г. Моделирование теплообмена в технических системах. М.: Науч. фонд «Первая исслед. лаб. им. акад. В.А. Мельникова», 2005. 208 с.
2. Бахвалов Н.С., Жидков Н.П., Кобельков Г.М. Численные методы. М.: Бином, 2011. 640 с.
3. Ellison G.N. Thermal computations for electronics. Conductive, radiative, and convective air cooling. N.Y.: CRC Press, 2011. 415 p.
4. Беклемишев Д.В. Дополнительные главы линейной алгебры. М.: Лань, 2008. 496 с.
5. Гантмахер Ф.Р. Теория матриц. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2010. 560 с.
6. Мадера А.Г., Кандалов П.И. Моделирование трехмерных температурных полей в электронных модулях // Программные продукты и системы. 2010. № 2. С. 29–33.

УДК 621:666

ОСОБЕННОСТИ ГИДРОАБРАЗИВНОЙ ОБРАБОТКИ СТЕКЛОПЛАСТИКОВ**Малышева Г.В., Гузева Т.А., Федоров Б.Б.***ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Москва, e-mail: malyin@mail.ru, nta29@mail.ru, mgtumash2015@yandex.ru*

Статья посвящена способам обработки композиционных материалов. Области применения полимерных композиционных материалов постоянно расширяются, что связано с их малой плотностью, высокими механическими характеристиками и уникальным комплексом теплофизических, акустических и трибологических свойств. Разработка новых технологий приводит к снижению себестоимости деталей из ПКМ, что способствует увеличению ассортимента изделий самого различного назначения, в том числе в авиационной и ракетно-космической промышленности. Показаны преимущества и недостатки технологий лазерной и плазменной резки, электроэрозионной и гидроабразивной резки. Приведены результаты оценки качества поверхностного слоя детали из стеклопластика после механической обработки путем фрезерования и гидроабразивной резки. Для изготовления стеклопластиковой детали использовали две технологии формования: вакуумная инфузия и намотка и две технологии отверждения: сушильный шкаф и автоклав. Определен фазовый состав стеклопластика в зависимости от технологии формования и отверждения. Сделан вывод о том, что гидроабразивная резка стеклопластиков является перспективным методом механической обработки, поскольку обладает уникальными технологическими возможностями. Установлено, что среднее арифметическое отклонение профиля при гидроабразивной обработке выше, чем при фрезеровании, параметры шероховатости слабо зависят от технологии формования и большей степени определяются технологии отверждения детали из стеклопластика.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, стеклопластик, технология формования, технология отверждения, параметры шероховатости, гидроабразивная резка, среднеарифметическое отклонение

FEATURES OF HYDROABRASIVE PROCESSING OF FIBERGLASSES**Malysheva G.V., Guzeva T.A., Fedorov B.B.***Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», Moscow, e-mail: malyin@mail.ru, nta29@mail.ru, mgtumash2015@yandex.ru*

The article is devoted to methods of processing composite materials. Areas of application of polymer composite materials are constantly expanding, which is due to their low density, high mechanical characteristics and a unique set of thermophysical, acoustic and tribological properties. The development of new technologies leads to a reduction in the cost of parts from PCM, which contributes to an increase in the range of products for a variety of purposes, including in the aviation and rocket and space industries. The advantages and disadvantages of laser and plasma cutting, electroerosion and waterjet cutting are shown. The results of the evaluation of the quality of the surface layer of a part made of fiberglass after machining by milling and hydroabrasive cutting are given. For the manufacture of fiberglass plastic parts, two molding technologies were used: vacuum infusion and winding and two curing technologies: drying cabinet and autoclave. The phase composition of GRP is determined depending on the technology of molding and curing. It is concluded that hydroabrasive cutting of fiberglass is a promising method of machining, since it has unique technological capabilities. It is established that the arithmetic mean deviation of the profile during hydroabrasive processing is higher than in milling, the parameters of roughness depend little on the technology of molding and determine the technology of curing of details from fiberglass.

Keywords: polymer composite materials, fiberglass, molding technology, curing technology, roughness parameters, waterjet cutting, arithmetic mean deviation

Изделия из полимерных композиционных материалов (стекло-, угле- и органические пластики) широко используются в самых различных областях техники, в том числе и в ракетно-космическом производстве, в качестве конструктивных материалов [1–3].

Области применения полимерных композиционных материалов (ПКМ) постоянно расширяются [4], что связано с их малой плотностью, высокими механическими характеристиками и уникальным комплексом теплофизических, акустических и трибологических свойств [5–7]. Разработка новых технологий приводит к снижению себестоимости деталей из ПКМ [8, 9], что способ-

ствует увеличению ассортимента изделий самого различного назначения, в том числе в авиационной и ракетно-космической промышленности, в конструкциях которых применяются детали из ПКМ [10–12].

При изготовлении деталей из ПКМ, по сравнению с металлами, существенно меньше используется обработка резанием, что связано с особенностями их формования. Однако точность изготовления деталей из металлов существенно больше, чем из ПКМ, что приводит к необходимости в ряде случаев проведения механической обработки резанием. В общей трудоемкости технологических операций изготовле-

ния деталей из ПКМ на основе термопластичных матриц, механическая обработка составляет менее 0,1%, а на основе термоактивных матриц – более чем в десятки раз выше [5, 9]. Это связано во многом с геометрическими особенностями и габаритами деталей из ПКМ, и чем сложнее конструкция детали и больше ее размеры, тем в большей степени возникает проблема проведения операций механической обработки, в первую очередь обработки кромок и сверления. В настоящее время ПКМ на основе термоактивных матриц (в первую очередь эпоксидных) широко применяются при изготовлении крупногабаритных изделий, которые после формования подвергаются механической обработке.

Одной из основных проблем, возникающей при механической обработке деталей из ПКМ на основе эпоксидной матрицы и стеклянной ткани, является сложность быстрой утилизации продуктов резания, которые представляют собой мелкодисперсный порошок, вредный для здоровья человека и отрицательно влияющий на качество обрабатываемой поверхности. Взамен традиционной механической обработки деталей из стеклопластиков используются технологии лазерной и плазменной резки, электроэрозионная и гидроабразивная резки [13]. Каждая из них имеет свои преимущества и недостатки (табл. 1).

Гидроабразивная резка, в отличие от плазменной, лазерной и электроэрозионной обработки, позволяет обрабатывать детали из стеклопластика с высокой точностью и по сравнению со стандартной механической обработкой обеспечивает экологическую безопасность технологического процесса.

Целью работы являлось определение влияния технологии формования и отверждения деталей из стеклопластика на параметры шероховатости при использовании гидроабразивной резки.

Для сравнения полученных результатов в работе использовалось чистовое цилиндрическое фрезерование.

Материалы и методы исследования

В качестве критерия качества применяли один из самых распространенных показателей шероховатости – R_a (среднеарифметическое отклонение профиля).

Объектом исследования являлись детали из стеклопластика, изготовленные по технологиям вакуумной инфузии и намотки. Методика технологии вакуумной инфузии, технологические режимы и перечень применяемых основных и вспомогательных материалов изложены в работе [14]. При изготовлении образцов по инфузионной технологии использовалась стеклоткань марки Т11 и эпоксидное связующее марки на ЭДТ-10. Методика изготовления образцов по технологии мокрой намотки изложена в работе [15]. При изготовлении образцов по технологии мокрой намотки использовали стеклянное волокно марки S и эпоксидное связующее марки Т-37.

Для отверждения изготовленных по данным технологиям образцов использовался автоклав и сушильный шкаф LOIPLF-60|350-GS. Перечень изготовленных образцов для проведения их последующей механической обработки приведен в табл. 2.

Механическую обработку проводили путем чистового цилиндрического фрезерования на универсальном отечественном вертикально-фрезерном станке, а также на установке для гидроабразивной резки MultiCam, которая позволяла обеспечивать давление в гидросистеме до 413 МПа, максимально допустимый диаметр гидросопла – 0,355 мм. Суть технологии гидроабразивной резки состоит в обработке материала тонкой струей воды, подаваемой под высоким давлением. Для увеличения силы резания в воду добавляются частицы абразива. В основе физики процесса гидроабразивной резки лежит принцип эрозионного (стирающего) воздействия.

Шероховатость поверхности стеклопластика после гидроабразивной и фрезерной обработки оценивали с помощью рентгеновского микротомографа марки SkyScan 1172 по всей площади обработанной поверхности. За результат принимали среднее значение по 5 измерений. Микроструктуру образцов исследовали на растровом электронном микроскопе Phenom. Фазовый состав стеклопластика определяли на термогравиметрическом анализаторе TG 209 F1 Libra.

Таблица 1

Преимущества и недостатки различных методов обработки стеклопластиков

Методы обработки	Преимущества	Недостатки
Фрезерование	<ul style="list-style-type: none"> ● высокая точность; ● небольшая себестоимость инструмента и расходных материалов; ● высокая производительность 	<ul style="list-style-type: none"> ● быстрый износ режущего инструмента; ● большая вероятность образования дефектов в стеклопластике в виде расслоений
Гидроабразивная резка	<ul style="list-style-type: none"> ● высокая точность; ● невысокая себестоимость расходных материалов; ● экологическая безопасность 	<ul style="list-style-type: none"> ● большая стоимость оборудования; ● большой износ комплектующих (режущей головки)
Плазменная резка	<ul style="list-style-type: none"> ● возможность обрабатывать поверхности практически любой геометрической формы 	<ul style="list-style-type: none"> ● комплекс специальных требований к обрабатываемым материалам по их электропроводности; ● низкая производительность; ● большая энергоемкость
Электроэрозионная обработка		
Лазерная резка		

Таблица 2

Перечень изготовленных образцов

Номер образцов	Технология формования и отверждения
1	Вакуумная инфузия, отверждение в сушильном шкафу
2	Вакуумная инфузия, отверждение в автоклаве
3	Мокрая намотка, отверждение в сушильном шкафу
4	Мокрая намотка, отверждение в автоклаве

Таблица 3

Параметры шероховатости поверхности стеклопластика
в зависимости от технологии формования и метода обработки

Методы и режимы обработки	Шероховатость, мкм, (номер образцов по табл. 2)			
	1	2	3	4
Гидроабразивное резание при давлении 150 МПа, диаметр струи 0,15	25	6,3	25	6,3
Гидроабразивное резание при давлении 200 МПа, диаметр струи 0,15	12,5	2,5	10	1,6
Гидроабразивное резание при давлении 150 МПа, диаметр струи 0,2	25	2,5	25	3,2
Гидроабразивное резание при давлении 200 МПа, диаметр струи 0,2	12,5	2,5	12,5	3,2
Фрезерование	6,3	4,0	12,5	1,6

Результаты исследования и их обсуждение

В табл. 3 приведены значения R_a поверхности после фрезерования и гидроабразивной обработки для стеклопластиков, изготовленных по разным технологиям формования и отверждения.

Анализ результатов экспериментальных исследований, приведенных в табл. 3, показывает, что наименьшее значение шероховатости имеют образцы, изготовленные по технологии намотки, отверждение которых проводили в автоклаве (образец № 4). Величина среднеарифметического отклонения профиля поверхности для всех используемых режимов гидроабразивной резки ниже, чем для остальных образцов. Образец № 2 (автоклавный режим отверждения и инфузионная технология формования) также имеет более низкие значения показателя R_a , по сравнению с образцами 1 и 3, отверждение которых осуществляли в сушильном шкафу.

В результате проведенных исследований также установлено, что изменяется не только величина среднеарифметического отклонения, но и внешний вид профиля. Средний шаг неровностей профиля для образцов, изготовленных по автоклавному режиму отверждения (№ 4), превысило 5 мм при использовании гидроабразивной резки при давлении 150 МПа, тогда как для аналогичных образцов, обработку которых проводили при давлении 200 МПа, значение среднего шага составило менее 2,0 мм.

Качество механической обработки оценивали по данным микроструктурного анализа, определяя количество посторонних включе-

ний на поверхности образца стеклопластика непосредственно сразу же после проведения их механической обработки (рис. 1, 2).

Гидроабразивную обработку проводили при давлении 150 МПа, диаметр струи 0,15 мм. При проведении гидроабразивной обработки варьировали только содержание абразива, количество которого составляло 5% и 10% (рис. 1). Для сравнения использовали чистовое цилиндрическое фрезерование (рис. 2). Для удобства сравнения полученных результатов фото микроструктур получали при одинаковом увеличении $\times 720$. На поверхности исследованных образцов имеется большое количество посторонних включений, которые, вероятно, представляют собой продукты резания. Для образцов, обработанных по технологии гидроабразивной резки (рис. 1, а) количество таких включений меньше, чем при фрезерной (рис. 2, а, б). Но при увеличении содержания абразива (рис. 1, б) количество посторонних включений увеличивается.

Технология отверждения образцов оказывает большее влияние на их фазовый состав, чем технология формования (табл. 4).

Таблица 4

Содержание полимерной матрицы
в зависимости от технологии
формования и отверждения

Номер образца по табл. 2	Содержание полимерной матрицы, %
1	38,7
2	31,2
3	34,3
4	29,8

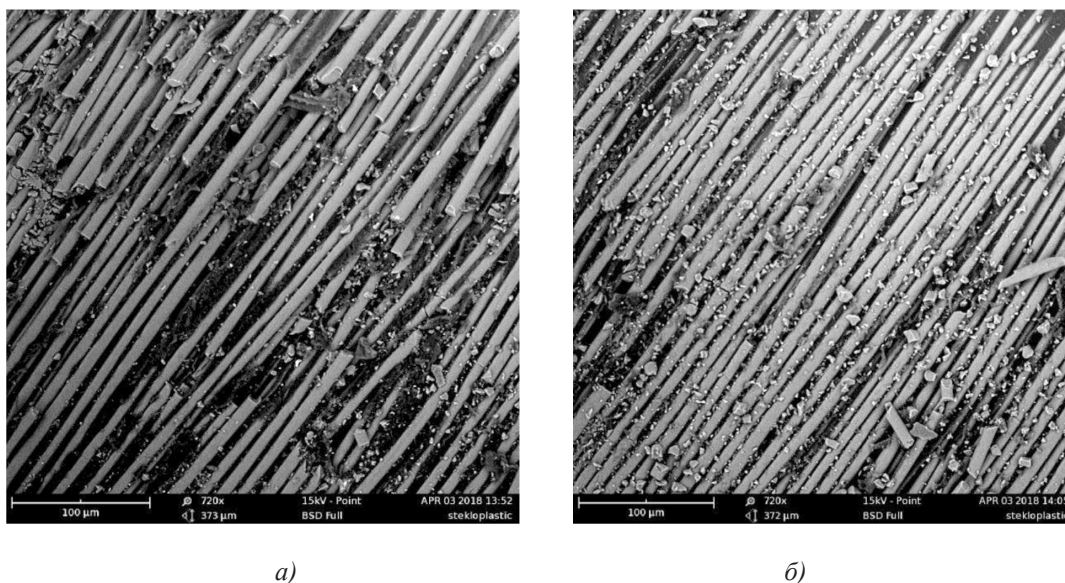


Рис. 1. Микроструктура образцов стеклопластика, полученного по технологии намотки при отверждении в сушильном шкафу, после гидроабразивной обработки при содержании абразива 5% (а) и 10% (б)

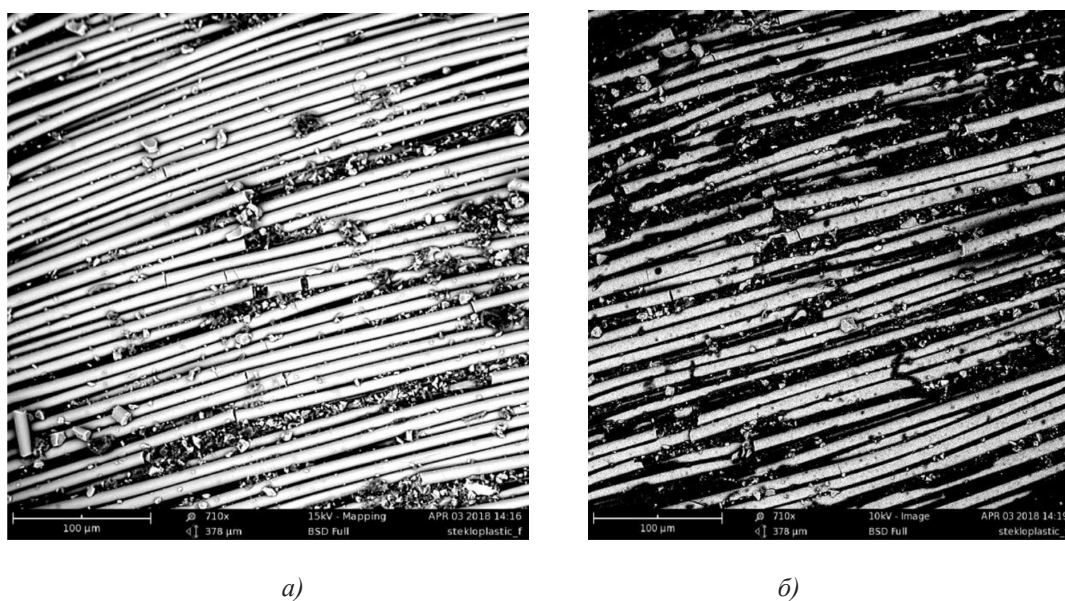


Рис. 2. Микроструктура образцов стеклопластика, полученного по технологии намотки при отверждении в сушильном шкафу (а) и в автоклаве (б) после фрезерной обработки

Из полученных результатов следует, что автоклавный режим отверждения, независимо от используемой технологии формирования, позволяет получать стеклопластики с меньшим содержанием полимерной матрицы.

Выводы

Гидроабразивная резка стеклопластиков является перспективным методом ме-

ханической обработки, поскольку обладает уникальными технологическими возможностями (пожаро- и взрывобезопасность, экологическая безопасность, высокое качество обрабатываемой поверхности, низкая температура в зоне резания). Основным инструментом гидроструйных технологий является струя жидкости малого диаметра (от 0,1 до 1,5 мм), подаваемая под сверхвысоким давлением.

Исследована микроструктура стеклопластика, поверхность которого обрабатывали по технологии фрезерования и гидроабразивным способом, и установлено, что качество обработанной поверхности зависит от содержания в струе воды абразивного материала. Наименьшее значение параметра шероховатости (1,6 мкм) получено при фрезеровании и гидроабразивном резании только для образцов, изготовленных по технологии намотки и автоклавном режиме отверждения.

Проведена оценка фазового состава стеклопластика в зависимости от технологии отверждения и формования. Установлено, что минимальное содержание полимерной матрицы (29,8) обеспечивается при намотке и автоклавном отверждении и именно этот метод является перспективным при изготовлении деталей из стеклопластиков. Наибольшее содержание полимерной матрицы (38,7%) – при технологии вакуумной инфузии и отверждении в сушильном шкафу.

Список литературы

1. Нелюб В.А., Гращенков Д.В., Коган Д.И., Соколов И.А. Применение прямых методов формования при производстве крупногабаритных деталей из стеклопластиков // Химическая технология. 2012. № 12. С. 735–739.
2. Александров И.А., Малышева Г.В., Нелюб В.А., Буянов И.А., Чуднов И.В., Бородулин А.С. Исследование поверхностей разрушения углепластиков, изготовленных по расплавной и растворной технологиям // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. № 3. С. 7012.
3. Цибизова Т.Ю., Гузева Т.А. Системы автоматического управления технологическими процессами отверждения изделий из полимерных композитов // Клеи. Герметики. Технологии. 2015. № 5. С. 35–40.
4. Комкова Т.Ю., Холин М.С., Чернышова П.И. Разработка композиционного материала системы AL-AL₂O₃, получаемого методом пластической деформации // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–1. URL: <http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=20492> (дата обращения: 25.07.2018).
5. Тараскин Н.Ю., Филина Е.К., Малышева Г.В. Особенности методики исследования свойств полимерных композиционных материалов методом динамомеханического анализа // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2014. № 7. С. 9–13.
6. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учебное пособие. М.: МАДИ, 2016. 264 с.
7. Резник С.В., Денисов А.В., Нелюб В.А., Бородулин А.С., Буянов И.А., Чуднов И.В. Исследования теплопроводности углепластиков в широком диапазоне эксплуатационных температур с использованием элементов натуральных конструкций // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. № 3. С. 2–6.
8. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. Долгосрочный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 352 с.
9. Нелюб В.А. Характеристики межфазных слоев полимерных композиционных материалов // Клеи. Герметики. Технологии. 2013. № 6. С. 23–25.
10. Михайлин Ю.А. Волокнистые полимерные композиционные материалы в технике. СПб.: Издательство «Научные основы и технологии», 2013. 720 с.
11. Лурье С.А., Миронов Ю.М., Нелюб В.А., Бородулин А.С., Чуднов И.В., Буянов И.А., Соляев Ю.О. Моделирование зависимостей физико-механических характеристик от параметров микро- и наноструктуры полимерных композиционных материалов // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2012. № 6. С. 4.
12. Петрова А.П., Малышева Г.В. Клеи, клеящие связующие и клеящие препреги: учебное пособие / под общ. ред. Е.Н. Каблова. М.: ВИАМ, 2017. 472 с.
13. Барзов А.А., Галиновский А.Л., Пузаков В.С. Технологии ультраструйных жидкостей и суспензий. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. 250 с.
14. Городецкий М.А., Тепишкина Е.С., Чирва П.И. Типовые проблемы при выборе вспомогательных материалов для инфузионных технологий формования изделий из стеклопластиков // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2017. № 4. С. 60–65.
15. Комков М.А., Тарасов В.А. Технология намотки композитных конструкций ракет и средств поражения. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011. 431 с.

УДК 621:631.3.02

ОСОБЕННОСТИ БАЛАНСИРОВКИ КОЛЕНЧАТЫХ ВАЛОВ V-ОБРАЗНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Мартынов А.В., Паксеваткин Е.Н.

ФГБОУ ВО «Мордовский государственный университет имени Н.П. Огарева»

(национальный исследовательский университет), Саранск,

e-mail: Martynov-230685@yandex.ru, paxevatkinen@yandex.ru

Известно, что основным дефектом коленчатых валов автотракторных двигателей является износ коренных и шатунных шеек, который вызывает динамическую неуравновешенность (дисбаланс), характеризуется смещением центра масс относительно оси вращения вала. Особенностью балансировки коленчатых валов V-образных двигателей (кроме V12) является применение специальных противовесов (бобвейтов), которые одеваются на шатунные шейки. Из-за отсутствия в заводской литературе по технологии ремонта массы бобвейтов коленчатых валов V-образных двигателей большое практическое значение имеет алгоритм ее определения. После определения массы бобвейтов дальнейшая балансировка коленчатых валов V-образных двигателей осуществляется двумя методами: внутренней и внешней балансировкой. Внутренняя балансировка подразумевает, что завод – изготовитель коленчатого вала сумел скомпенсировать щеками коленчатого вала вес ШПГ. Внешняя балансировка используется тогда, когда завод-изготовитель не смог скомпенсировать щеками коленчатого вала вес ШПГ, а значит, вынужден дополнительно компенсировать навесными деталями. Так как информацию по конкретному способу балансировки вала (внутренняя или внешняя балансировка) в свободном доступе найти практически невозможно, можно ориентироваться на исполнение маховика и переднего шкива. Кроме того, последней операцией целесообразно проводить балансировку коленчатого вала с маховиком, демпфером и корзиной сцепления.

Ключевые слова: коленчатый вал, маховик, корзина сцепления, демпфер, внешняя и внутренняя балансировка, бобвейт, двигатель

FEATURES OF THE CRANKSHAFTS BALANCING V-ENGINES

Martynov A.V., Paksevatkin E.N.

Mordovian State University named after N.P. Ogarev (National Research University), Saransk,

e-mail: Martynov-230685@yandex.ru, paxevatkinen@yandex.ru

It is known that the main defect of the crankshafts of motor-tractor engines is wear of the main and connecting rod necks, which causes dynamic unbalance (imbalance) is characterized by the displacement of the center of mass relative to the axis of rotation of the shaft. A feature of the crankshaft balancing of V-engines (except V12) is the use of special counterweights (babiito) that fit over the connecting rod journals. Due to the lack in the original literature on the technology of repair of the mass of Boboyev crankshaft V-engines of great practical importance is the algorithm of its determination. After determining the weight of the bobweits, further Balan-sation of the crankshafts of V-shaped engines is carried out by 2 methods: internal and external balancing. Internal balancing implies that the factory manufacturer of the crankshaft su-Mel compensate the crankshaft cheeks for the weight of the SHPG. External balancing is used when the manufacturer could not compensate the weight of the crank shaft with the help of the crankshaft cheeks, which means that IT is additionally compensated by the mounted parts. Since the information on a specific shaft balancing (internal or external balancing) is almost impossible to find in the free access, it is possible to focus on the performance of the flywheel and the front pulley. In addition, the latter operation is advisable to balance the crankshaft with a flywheel, damper and basket clutch.

Keywords: crankshaft, flywheel, clutch basket, damper, external and internal balancing, bobweight, engine

Коленчатые валы тракторных и автомобильных двигателей по конструктивно-технологическим и экономическим особенностям являются сложными, металлоемкими, дорогими и ответственными деталями.

Известно, что основным дефектом коленчатых валов автотракторных двигателей является износ коренных и шатунных шеек, который приводит к увеличению зазоров между ними, падению давления в системе смазки и увеличению динамических нагрузок в сопряжении, что вызывает вибрацию двигателя [1–3].

При вибрации двигателя возникает некомфортная эксплуатация техники, повышенный расход топлива и др.

Причиной вибраций являются силы инерции, возникающие при вращении и неравномерном поступательном движении деталей. Величина силы инерции зависит от квадрата частоты или ускорения при поступательном движении. При этом данные величины являются переменными. Величина силы инерции определяется по формуле

$$F = m \cdot r \cdot \omega^2 = m \cdot r \cdot \left(\frac{\pi \cdot n}{30} \right)^2, \quad (1)$$

где m – неуравновешенная масса, г; r – радиус вращения массы, м; ω – угловая скорость вращения, с⁻¹; n – частота вращения, мин⁻¹.

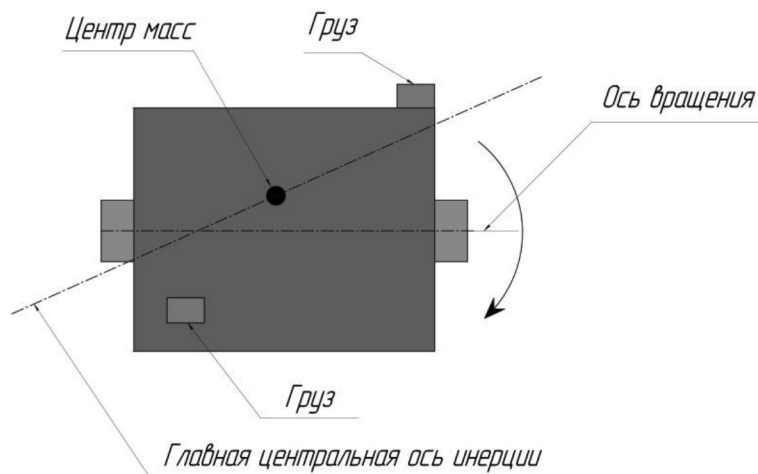


Рис. 1. Кинематическая схема при динамической неуравновешенности коленчатых валов

Согласно формуле (1), дисбаланс будет определяться по формуле

$$D = m \cdot r, \quad (2)$$

где D – дисбаланс, г·мм; m – неуравновешенная масса, г; r – расстояние от оси вращения до неуравновешенной массы, мм.

Возникающая у коленчатых валов динамическая неуравновешенность (дисбаланс) характеризуется смещением центра масс относительно оси вращения вала, а вместе с ним и главной центральной оси инерции (рис. 1).

Таким образом, при ремонте необходимо устранять динамическую неуравновешенность балансировкой только на специализированных стендах, таких, как, например, ТБ 300.

Однако при балансировке коленчатых валов V-образных двигателей (кроме V12) в отличие от рядных, применяются специальные противовесы (бобвейты), которые одеваются на шатунные шейки (рис. 2).



Рис. 2. Внешний вид противовесов (бобвейтов), установленных на шатунные шейки V-образных двигателей

Отсутствие в заводской литературе по технологии ремонта массы бобвейтов ко-

ленчатых валов V-образных двигателей вызывает большие трудности балансировки в условиях ремонтных предприятий как отечественных, так и импортных легковых и грузовых автомобилей.

Цель исследования: таким образом, большое практическое значение имеют значения массы бобвейтов и алгоритм ее определения для коленчатых валов V-образных двигателей.

Материалы и методы исследования

Согласно источникам [4, 5] известно, что масса бобвейтов определяется по формуле

$$M = M_{вр} + 0,5 \cdot M_{вп}, \quad (2)$$

где $M_{вр}$ – вращательная масса шатунно-поршневой группы (ШПГ), г; $M_{вп}$ – возвратно-поступательная масса ШПГ, г.

Так как масса бобвейтов зависит от массы шатунно-поршневой группы, то ее определение возможно двумя способами.

1. Сделать развесовку ШПГ и рассчитать массу каждого бобвейта без подгонки веса поршней, верхней и нижней головки шатуна, а попытаться скомпенсировать более легкую верхнюю головку шатуна более тяжелым поршнем. В результате получаются бобвейты, близкие по массе.

Трудоёмкость данной операции не очень высока. Однако минусом этого способа является не совсем корректный расчет и необходимость селективной сборки (поршень и шатун можно ставить только в то место, куда указал балансировщик).

2. Сделать развесовку ШПГ, подогнать по массе поршни и шатуны. В результате масса бобвейтов получается одинаковая.

Этот способ имеет наиболее точный метод расчета, поршни и шатуны можно собирать в произвольном порядке, однако у этого способа более высокая трудоёмкость.

В практике пользуются этими двумя способами.

Пример. Имеется коленчатый вал V-образного двигателя автомобиля «КАМАЗ» евро 1 с комплектом ШПГ.

Для определения массы бобвейтов по формуле (1), находим возвратно-поступательную массу деталей ШПГ.

1. Взвешиваются поршни (рис. 2, а). Если поршневые пальцы по массе практически не отличаются, их можно не взвешивать вместе с поршнями. Если масса различается, то пальцы придется взвешивать в сборе с поршнем. Далее если масса бобвейтов считается по первому способу, то записывается масса каждого из восьми поршней.

- 1) 2006,5 г, 2) 2010 г, 3) 2021 г, 4) 2008 г, 5) 2012 г, 6) 2026 г, 7) 2018 г, 8) 2014 г

2. Если масса бобвейтов считается по второму способу, то подгоняется масса поршней (с учетом допуска) под минимальное значение (2006,5 г) и пропускается эта операция, если считается по первому способу (рис. 2, б).

При подгонке массы поршней съем металла можно производить со специальных отливок, с внутренней стороны днища поршня, с внутренней стороны юбки поршня, не ослабляя конструкцию поршня, что может привести к выходу двигателя из строя. Однако в практике часто бывает, что невозможно подогнать по массе поршни, так как разброс слишком велик.

3. Взвешиваются стопорные кольца поршневого пальца (если они используются) на один цилиндр (10,5 г).

4. Взвешиваются поршневые пальцы (если у пальцев минимальный разброс и взвешивались поршня в первом пункте без пальцев) (799 г).

5. Взвешиваются поршневые кольца на один цилиндр (первое поршневое кольцо, второе поршневое кольцо, маслоъемное кольцо) (рис. 2, в) (103,5 г).

6. Взвешивается пара шатунных вкладышей (на один шатун) (рис. 2, г) (168,5 г).

7. Взвешивается нижняя головка у всех 8 шатунов (рис. 2, д) (2110 г).

8. Подгоняются по массе шатуны, если считается по второму варианту и пропускается эта операция, если расчет ведется по первому варианту (рис. 2, е).

9. Взвешивается общая масса каждого из 8 шатунов.

10. Считается масса верхней головки каждого из восьми шатунов

- 1) 992,5 г, 2) 998,5 г, 3) 1050 г, 4) 1043 г, 5) 1020 г, 6) 1024 г, 7) 1016 г, 8) 1018 г

11. Подгоняется по массе верхняя головка шатунов, если считается по второму варианту и пропускается этот пункт, если считается по первому варианту (рис. 3).

Таким образом, после взвешивания имеется масса всех деталей для расчета массы бобвейтов по первому и по второму способу расчета:

- масса одного поршня 2006,5 г (подогнали массу более тяжелых поршней под самый легкий);
- масса одного поршневого пальца 799 г (масса пальцев одинаковая);
- масса стопорных колец на один поршень 10,5 г;
- масса комплекта поршневых колец на один поршень 103,5 г;
- масса верхней головки шатуна 992,5 г (все 8 шатунов у нас имеют общую массу).

Так как на одной шатунной шейки находится по 2 шатуна, общая возвратно-поступательная масса будет равна

$$M_{\text{вп}} = (2006,5 + 799 + 10,5 + 103,5 + 992,5) \cdot 2 = 7824 \text{ г.}$$

Затем выписываются данные, которые относятся к вращательной массе:

- масса пары шатунных вкладышей (на один шатун) 168,5 г;
- масса нижней головки шатуна 2110 г.



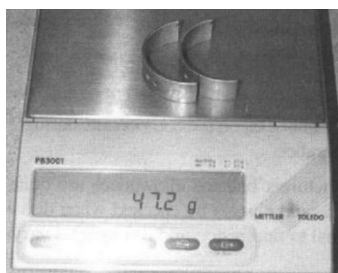
а



б



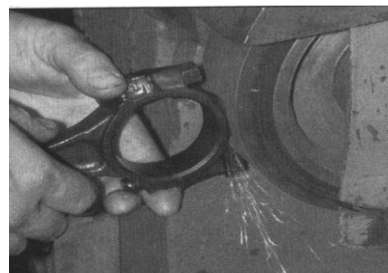
в



г



д



е

Рис. 2. Определение массы ШПГ



Рис. 3. Подгонка верхней головки шатуна

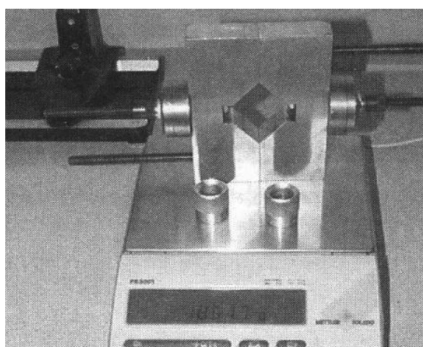


Рис. 4. Набор бобвейтов по массе

К возвратно-поступательной массе добавляется порядка 4–8 г на вес масла в каналах коленчатого вала. Тогда общая вращательная масса будет равна

$$M_{вр} = (2110 + 168,5) \cdot 2 + 8 = 4565 \text{ г.}$$

Итак, согласно формуле (1), масса бобвейтов будет равна

$$M = M_{вр} + 0,5 \cdot M_{вн} = 4565 + 0,5 \cdot 7824 = 8477 \text{ г.}$$

Соответственно, на каждую шатунную шейку, нужно закрепить бобвейт массой 8477 г, состоящего из двух равных по массе частей, т.е. по 4238,5 г.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты расчета массы бобвейтов наиболее часто встречаемых при балансировке коленчатых валов V-образных двигателей приведены в таблице.

При расчете по первому способу масса каждого из четырех бобвейтов будет немного отличаться (так как здесь не подгоняется масса поршней и шатунов). И чтобы уменьшить разброс в массе бобвейтов нужно комплектовать поршни и шатуны таким образом, чтобы шатун с минимальной массой верхней головки шатуна комплектовался самым тяжелым поршнем.

После определения массы бобвейтов при дальнейшей балансировке коленчатых валов V-образных двигателей используются 2 метода: внутренняя балансировка и внешняя балансировка [6].

Внутренняя балансировка подразумевает, что завод – изготовитель коленчатого вала сумел скомпенсировать щеками коленчатого вала вес ШПГ (поршень, поршневой палец, поршневые кольца, стопорные кольца, шатун, шатунные вкладыши). А это значит, что в условиях ремонтных предприятий этот вал можно балансировать отдельно (но обязательно с использованием бобвейтов).

Внешняя балансировка используется тогда, когда завод-изготовитель не смог скомпенсировать щеками коленчатого вала вес ШПГ, а значит, вынужден дополнительно компенсировать, например, за счет переднего шкива (демпфера) и маховика. А это значит, что в условиях ремонтных предприятий этот вал нужно балансировать в «сборе», то есть с маховиком и часто вместе с передним шкивом, (но обязательно с использованием бобвейтов).

Масса бобвейтов коленчатых валов V-образных двигателей

№ п/п	Показатели	Марка двигателя					
		Камаз740			ПАЗ	ЯМЗ-236	Митцубиси паджеро V6
		Евро1	Евро2	Евро3			
Масса возвратно-поступательных деталей							
1	Поршень	2006,5	1874	1987	525	3014	383
2	Поршневой палец	799	877	856	148	1050	109
3	Стопорное кольцо	10,5	10,5	11	5	25,5	5
4	Поршневые и маслосъемные кольца	103,5	90	86	64	185,5	74
5	Верхняя головка шатуна	992,5	992,5	992,5	261	1410	200
6	Общая масса	3912	3844	3932	1003	5685	771
Масса вращательных деталей							
7	Нижняя головка шатуна	2110	2110	2110	604	2338,5	430
8	Вкладыши	168,5	168,5	168,5	80	256,5	32
9	Масло в канале	8	8	8	6	8	6
10	Общая масса	2287	2287	2287	690	2603	468
11	Масса бобвейтов	8477	8409	8497	2377	10883	1701



Рис. 5. Внешний вид маховика и переднего шкива при внешней балансировке

Так как информацию по конкретному способу балансировки вала (внутренняя или внешняя балансировка) в свободном доступе найти практически невозможно, можно ориентироваться на исполнение маховика и переднего шкива.

Внешний вид маховика и переднего шкива при внешней балансировке приведен на рис. 5.

Из рис. 5 видно, что при внешней балансировке маховик и передний шкив изготовлены несимметрично, а значит если на маховике или переднем шкиве (демпфере) в определенном месте металла снято больше, то данный коленчатый вал должен балансироваться только в сборе (коленчатый вал, маховик, демпфер) и с бобвейтами.

Кроме того, последней операцией целесообразно проводить балансировку коленчатого вала с маховиком, демпфером и корзиной сцепления.

Выводы

1. Определены массы бобвейтов наиболее часто встречаемых коленчатых валов

V-образных двигателей и приведен алгоритм для ее расчета.

2. Определены особенности внешней и внутренней балансировки коленчатых валов V-образных двигателей.

Список литературы

1. Горшков А.А., Волощенко М.В. Литые коленчатые валы. М.: Машиностроение, 1964. 195 с.
2. Гурвич И.Б. Долговечность автомобильных двигателей. М.: Машиностроение, 1967. 103 с.
3. Усков В.П. Ресурсосбережение при ремонте базовых деталей тракторных двигателей: дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.03. Москва, 1999. 346 с.
4. Мартынов А.В., Паксеваткин Е.Н., Мартынова Е.Г. Назначение, устройство и анализ причин отказов коленчатых валов // Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии и системы межвузовский: сборник научных трудов. Саранск, 2017. С. 514–521.
5. Величко С.А., Сенин П.В., Чумаков П.В., Мартынов А.В. Устройство для электроконтактной приварки стальной ленты. Патент на полезную модель RUS 152208 15.12.2014.
6. Бурумкулов Ф.Х., Сенин П.В., Величко С.А., Иванов В.И., Мартынов А.В., Ионов П.А., Раков Н.В. РД 10.003–2009 Геометрические параметры и физико-механические свойства поверхностей, образованных при электронской обработке материалов в газовой среде. М.: ГОСНИТИ, 2009. 56 с.

УДК 656.11:351.811.12

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ ОПТИМАЛЬНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕШЕХОДНОГО ДВИЖЕНИЯ НА ПЕРЕКРЕСТКЕ

Наумова Н.А., Данович Л.М., Тесленко Н.Ф.

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

Транспортная сеть городов должна обеспечивать комфортное передвижение как для автомобильного транспорта, так и для пешеходов. Игнорировать пешеходное движение не представляется возможным при составлении адекватных математических моделей распределения транспортных потоков по сети. Интенсивность пешеходных потоков неравномерна с течением времени. Это необходимо учитывать при выработке надежных, оптимальных в определенных условиях решений. В работе предлагается применять аппарат математической теории игр для принятия решений по выбору схемы организации движения в условиях неопределенности. Стратегиями первого игрока приняты различные варианты схем организации движения на перекрестке. Стратегии второго игрока, «природы», – распределения интенсивностей автомобильных и пешеходных потоков на данном перекрестке. Составлена платежная матрица, элементами которой являются значения интенсивностей обслуживания пешеходов при различных стратегиях игроков. Приведены методы расчета элементов матрицы, разработанные на основании авторской модели распределения транспортных потоков по улично-дорожной сети. Для оптимизации предлагается использовать максиминный критерий Вальда или критерий минимального риска Сэвиджа. Разработанный метод выбора организации движения пешеходного потока на перекрестке позволяет сделать оптимальный выбор в условиях неопределенности в соотношениях между величиной пешеходного и автотранспортного потоков на конкретном перекрестке.

Ключевые слова: транспортные потоки, пешеходное движение, математическая модель, теория игр, светофорное регулирование

THE METHOD OF DETERMINING THE OPTIMAL ORGANIZATION OF THE PEDESTRIAN MOVEMENT AT THE CROSSROADS

Naumova N.A., Danovich L.M., Teslenko N.F.

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

The transport network should provide comfortable movement both for transport and for pedestrians. Ignore pedestrian traffic is not possible when compiling adequate mathematical models for the distribution of traffic flows. The intensity of pedestrian flows varies over time. This must be taken into account when a reliable, optimal solution under certain conditions is developed. The paper proposes to use the methods of mathematical game theory to make decisions on the choice of the scheme for organizing traffic at intersections in conditions of uncertainty. The strategies of the first player adopted various variants of traffic organization schemes at the intersection. The distribution of traffic and pedestrian flows at this crossroads was taken as the strategies of the second player, that is, «nature». The payment matrix was compiled. Its elements are of pedestrian maintenance rates for various strategies of players. Methods of calculation of matrix elements developed on the basis of the author's model of distribution of traffic flows along the street-road network are given. For optimization, it is proposed to use the maximin Wald's criterion or the Savage's minimum risk criterion. The developed method of choosing the organization of pedestrian flow at the crossroads makes it possible to make an optimal choice under conditions of uncertainty for the values of pedestrian and traffic flows at a particular intersection.

Keywords: traffic flows, pedestrian movement, mathematical model, game theory, traffic signal controllers

Транспортная сеть городов должна обеспечивать комфортное передвижение как для автомобильного транспорта, так и для пешеходов. Игнорировать пешеходное движение не представляется возможным при составлении адекватных математических моделей распределения транспортных потоков по сети. Увеличение интенсивности, изменение скоростных режимов транспортных потоков предъявляют все более жесткие требования к средствам управления движением, к уровню их эффективности и безопасности для всех конфликтных сторон.

Пешеходное движение в крупных городах оказывает значительное влияние на величину транспортных задержек, в частности на перекрестках. Причем интенсив-

ность пешеходных потоков неравномерна в течение суток, зависит от дней недели, времени года. Поэтому выбрать оптимальную на все случаи схему организации движения невозможно.

Для выработки надежных, оптимальных в определенных условиях решений необходимо иметь адекватные исходные данные, отражающие реальную ситуацию, и адекватную математическую модель, способную учесть их влияние на критерии эффективности. Кроме того, сами эти критерии являются субъективными и в большой степени зависят от конкретной поставленной задачи.

Изучением формирования пешеходных потоков, их влиянием на загрузку сети за-

нимаются как отечественные ученые [1–3], так и зарубежные [4, 5]. Однако разработка метода определения оптимальной организации движения на перекрестке остается актуальной задачей.

Цель исследования: разработка метода определения оптимальной схемы организации пешеходного движения на перекрестке с учетом динамически изменяющегося распределения интенсивностей транспортных потоков.

Материалы и методы исследования

Оптимизировать схему организации движения на отдельном перекрестке достаточно тяжело уже потому, что требуется учитывать интересы всех участников движения. В зависимости от выбора критерия оптимизации, могут быть получены различные результаты решения поставленной задачи. Кроме того, принимать эти решения приходится зачастую в условиях неопределенности по отдельным факторам. В таких ситуациях применимы математические методы теории игр (в данном случае – игр с «природой»). Результат все равно получается в некоторой степени субъективным, зависит от выбора критерия, но позволяет систематизировать данные и способствует повышению качества принимаемых в условиях неопределенности решений.

В качестве математической модели распределения движения транспортных потоков по сети взята модель TIMeR_Mod [6], разработанная Н.А. Наумовой В качестве гипотезы о распределении интервалов по времени в каждом из потоков требований в данной модели принята гипотеза о том, что оно подчинено обобщенному закону Эрланга. Это многопараметрический закон, который позволяет описывать транспортные потоки достаточно высокой плотности. Пешеходные потоки приняты распределенными по показательному закону. Показательный закон является частным случаем обобщенного закона Эрланга, поэтому ко всем конфликтующим потокам (как пешеходным, так и транспортным) может быть применен единый подход в аналитических рассуждениях.

TIMeR_Mod – это мезоскопическая модель, основанная на аналитических расчетах всех показателей эффективности, что позволяет применять ее в тех случаях, когда требуется оперативность реагирования на изменяющуюся ситуацию. Еще одним преимуществом данной модели является возможность ее применения в автоматизированных системах управления движением, включенных в общую интеллектуальную транспортную систему.

Результаты исследования и их обсуждение

Моделирование конфликтной ситуации на перекрестке

Итак, моделью конфликтной ситуации на перекрестке является антагонистическая игра двух игроков, в которой осознанно выбирать свои стратегии может только один из них. Поэтому будем рассматривать данную конфликтную ситуацию как «игру с природой» [7]. Второй игрок, «природа»,

специально не противодействует первому, а принимает то или иное свое состояние неопределенным образом.

Игрок A – пешеходный поток через конкретный перекресток. Возможные стратегии игрока A :

- A_1 – жесткий цикл регулирования с выделением отдельной фазы для пешеходного потока;
- A_2 – жесткий цикл регулирования без выделения отдельной фазы для пешеходного потока;
- A_3 – использование вызывных устройств для пешеходного движения.

Неопределенность при принятии решений вызвана в данной ситуации состояниями объективной действительности (игрока B) – изменяющимися с течением времени интенсивностями транспортных и пешеходных потоков. Игрок B оказывает противодействие игроку A неосознанно. Стратегии игрока B , «природы», – распределения интенсивностей автомобильных и пешеходных потоков на данном перекрестке.

Важный момент – задание элементов платежной матрицы. Их выбор зависит от выставленных приоритетов, от доминирующего критерия оптимизации. Если ставить во главу угла организацию пешеходного потока через перекресток, то элементами платежной матрицы могут быть величины, обратные значению средней задержки отдельного пешехода на перекрестке. Назовем это интенсивностью обслуживания пешеходов.

Итак, платежная матрица имеет вид

$$A = \begin{pmatrix} A_1 & Q_1 & Q_2 & \dots & Q_3 \\ A_2 & a_{11} & a_{12} & \dots & a_{1n} \\ A_3 & a_{21} & a_{22} & \dots & a_{2n} \\ & a_{31} & a_{32} & \dots & a_{3n} \end{pmatrix}, \quad (1)$$

$Q_j, j = 1, \dots, n$ – возможные состояния «природы» в рассматриваемый промежуток времени, рассчитанные с использованием регрессионных зависимостей (с заданным шагом по времени от текущего момента) интенсивности всех конфликтных потоков, как транспортных, так и пешеходного;

$a_{ij} = \frac{1}{T_{serv}}$ – интенсивность обслуживания

пешеходов при справедливости стратегий A_i и Q_j ;

T_{serv} – средняя задержка пешехода при пересечении перекрестка в выбранном направлении при справедливости стратегий A_i и Q_j .

Варианты выбора критерия также возможны. Предлагается использовать либо *максиминный критерий Вальда*, либо *критерий минимального риска Сэвиджа*.

По критерию Вальда оптимальной считается стратегия, отвечающая условию

$$W = \max_i \min_j a_{ij}. \quad (2)$$

В этом случае оптимальной будет признана та схема организации движения на перекрестке, которая среди всех возможных, неудачных для пешеходов, ситуаций в распределении транспортных потоков в рассматриваемый промежуток времени гарантирует выбор наилучшей (с максимальной интенсивностью обслуживания пешеходов).

Наибольший элемент j -го столбца $\beta_j = \max_i a_{ij}$ ($j = 1, \dots, n$) называют показателем благоприятности состояния Q_j .

Для применения критерия минимального риска Сэвиджа необходимо построить матрицу рисков:

$$R = \{r_{ij}\}_{m \times n}, \quad (3)$$

где $r_{ij} = \beta_j - a_{ij}$ – риск игрока A как упущенная возможность максимального выигрыша (невыигранная часть максимального выигрыша).

Оптимальный вариант по критерию Сэвиджа отвечает условию

$$S = \min_i \max_j r_{ij}. \quad (4)$$

Определение элементов платежной матрицы

Рассмотрим вопрос определения возможных состояний «природы» Q_j – вариантов распределения интенсивностей транспортных и пешеходных потоков. Исходными данными для решения различных транспортных задач с помощью модели TИMeR_Mod является текущая схема организации движения на улично-дорожной

сети и параметры распределения транспортных потоков по полосам, определяемые на основании данных мониторинга. Вся необходимая для расчетов информация содержится в матрицах $A_{STREETS}$ и $B_{INTERSECTION}$. В статье [8] авторами разработан метод прогнозирования элементов этих матриц на следующий период времени с применением фильтра Кальмана, а также метод их автоматизированного расчета. Для определения состояний Q_j через интервалы Δt предлагается использовать вышеуказанный метод.

Стратегия A_1 . Рассмотрим перекресток с жестким режимом регулирования и отдельной фазой для пешеходного потока. Предположим, что прибытие пешехода к перекрестку случайно, не зависит от фаз светофорного цикла. Тогда момент прибытия пешехода можно считать распределенным равномерно относительно фаз светофорного цикла. Если в этот момент движение пешехода разрешено, то затраченное время только T_{cross_p} , в противном случае пешеход ожидает возможности продолжить движение. Согласно законам теории вероятностей, среднее время ожидания отдельным пешеходом возможности продолжить движение в случае, если он прибыл в момент горения запрещающего сигнала, равно

$$\frac{T_c - T_p}{2} \text{ секунд,}$$

где T – длина цикла регулирования, с.,

T_p – отдельная фаза светофорного цикла, время, в течение которого разрешено движение пешеходов в выбранном направлении, с.

Тогда среднее время, необходимое пешеходу для продолжения движения через перекресток T_{serv} , равно

$$T_{serv} = \frac{T_c - T_p}{T_c} \cdot \left(\frac{T_c - T_p}{2} + T_{cross_p} \right) + \frac{T_p}{T_c} \cdot T_{cross_p}, \quad (5)$$

где T_{cross_p} – среднее время, необходимое пешеходу для пересечения дороги, с.

Длительность фаз светофорного регулирования определяется как решение задачи математического программирования, подробно описанной в работе [9]:

$$Z = \frac{\sum_i W_i (T_c - T_{gli}, \lambda) + \sum_j W_j (T_c - T_{glj}, \lambda)}{T_c} \rightarrow \min, \quad (6)$$

$$H_i(T_c, \lambda) - \frac{T_{gli}}{h} \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, p, \quad (7)$$

$$H_j(T_c, \lambda) - \frac{T_{glj}}{h} \leq 0, \quad j = 1, 2, \dots, q, \quad (8)$$

где $H(T_c, \lambda)$ – функция восстановления, которая выражает количество автомобилей, прибывающих к перекрестку за время T_c .

$$W(T_i, \lambda) = \left(\frac{1}{\mu} \frac{t^2}{2} + \frac{\sigma^2 - \mu^2}{2\mu^2} t \right) \Big|_0^{T_i} + \int_0^{T_i} R(t) dt - \text{средняя задержка за цикл регулирования [9].}$$

Численное решение задачи (6–8) находится, например, с помощью систем Maple или MatLab.

Стратегия A₂. В случае использования жесткого режима регулирования без выделения отдельной фазы для пешеходного потока параметр T_{serv} вычисляется аналогично пункту 2.1 по формуле (5). Однако при расчете длин циклов светофорного регулирования в задаче математического программирования целевой функцией будет следующая:

$$Z = \frac{\sum_i W_i(T_c - T_{stop_I} - T_{gli}, \lambda) + \sum_j W_j(T_c - T_{stop_{II}} - T_{glj}, \lambda)}{T_c} \rightarrow \min, \quad (9)$$

T_{stop_I} и $T_{stop_{II}}$ – среднее время, необходимое автотранспорту для пропуска пешеходов через дороги I и II соответственно, с,

T_{gli} – разрешено движение на дороге I в i -ом направлении, с,

T_{glj} – разрешено движение на дороге II в j -ом направлении, с.

λ – множество параметров обобщенного закона Эрланга для транспортных потоков.

Отметим, что в стратегиях A_1 и A_2 для каждого состояния Q_i вычисляется оптимальный цикл светофорного регулирования, который зависит от интенсивности всех конфликтующих на перекрестке потоков.

Стратегия A₃. В случае применения вызывных устройств для пешеходов среднее время, необходимое пешеходу для пересечения перекрестка, можно рассчитывать так, как предлагается в работе [10]:

$$T_{serv} = \left(\frac{t_m + t_{pr1}}{2} + t_a + t_{pr2} \right) \cdot \lambda t_2 e^{-\lambda t_2} + \frac{1}{2} (t_a + t_{pr2}) \left(1 - (\lambda t_1 e^{-\lambda t_1} + \lambda t_2 e^{-\lambda t_2}) \right), \quad (10)$$

где t_{pr1} – переходный интервал между сигналами, с.,

t_{pr2} – зеленый сигнал, с,

t_a – зеленый сигнал для транспорта минимальной длительности, с,

t_m – период горения мигающего зеленого сигнала в пешеходной фазе, с,

λ – параметр показательного распределения плотности пешеходного потока.

Формула (10) выведена в предположении, что пешеходный поток, прибывающий к перекрестку, распределен по показательному закону. Предполагается полное подчинение пешеходов сигналам светофора. При расчетах применялись свойства числовых характеристик случайных величин.

Выше рассмотрены три основных варианта схемы организации движения на перекрестке. Однако возможно расширять количество стратегий A_i . Например, для отдельных перекрестков есть смысл добавить вариант нерегулируемого пересечения. Кроме того, количество фаз цикла светофорного регулирования также можно варьировать, что в свою очередь увеличит количество возможных стратегий игрока A .

Стратегии «природы» в работе – это распределение интенсивностей автотранспорта по полосам и интенсивность пешеходного потока, прибывающего к перекрестку через определенные промежутки в течение небольшого периода времени.

В этом случае применяются прогнозные модели для формирования базы исходных данных для TIMeR_Mod. Однако возможно составление платежной матрицы для периода длиной, например, в сутки. Тогда придется брать статистические данные для составления матриц $A_{STREETS}$ и $B_{INTERSECTION}$.

Заключение

В работе решена задача определения того варианта организации движения на перекрестке, который за рассматриваемый промежуток времени обеспечивает оптимальную интенсивность обслуживания пешеходов. Причем благодаря возможности выбирать с помощью модели TIMeR_Mod оптимальные циклы регулирования при изменении распределения интенсивностей в транспортных и пешеходных потоках с течением времени, учитываются интересы всех конфликтных сторон: автотранспортных потоков и пешеходов.

Рассмотренная проблема является актуальной в настоящее время и требует математически обоснованного решения. Предложенный метод организации движения пешеходного потока на перекрестке позволит сделать оптимальный выбор в условиях неопределенности в соотношениях между величиной пешеходного и автотранспортного потоков на конкретном перекрестке.

Список литературы

1. Коломийцева Д.В., Коновалова Т.В., Котенкова И.Н., Лазарев А.А. Оптимизация пешеходного движения в системе транспортного планирования территорий // Вестник СибАДИ. 2013. № 5(33). С. 18–21.
2. Симуль М.Г., Александров Н.С. Моделирование конфликтных ситуаций на наземных пешеходных переходах городских дорог и улиц для повышения безопасности движения // Вестник СибАДИ. 2012. № 1(23). С. 47–50.
3. Скульбеденко Н.А., Михайлов А.Ю. Задачи совершенствования норм проектирования пешеходных переходов [Электронный ресурс]. URL: <http://waksman.ru/Russian/Ek&org/2007/sku/htm> (дата обращения: 03.08.2018).
4. Huang L., Wong S.C., Zhang M., Shu C.W., Lam W.H.K. Revisiting Hughes' dynamic continuum model for pedestrian flow and the development of an efficient solution algorithm, *Transportat. Res. B-Meth.* 2009. № 43. P. 127–141.
5. M. Di Francesco, Marcovich P.A., Pietschmann J.F., Wolfram M.T. On the Hughes' model for pedestrian flow: The one-demansional case, *J. Differential Equations.* 2011. № 250 (3). P. 1334–1362.
6. Naumova N., Danovich L. A model of flows distribution in the network // *Life Science Journal.* 2014. № 11 (6). P. 591–597.
7. Садовин Н.С., Садовина Т.Н. Основы теории игр: учебное пособие. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2017. 119 с.
8. Наумова Н.А. Данович Л.М. Прогнозирование исходных данных в динамическом режиме для модели распределения транспортных потоков по сети // *Фундаментальные исследования.* 2016. № 9–2. С. 238–242.
9. Наумова Н.А. Теоретические основы и методы автоматизированного управления транспортными потоками средствами мезоскопического моделирования: дис. ... докт. техн. наук: 05.22.10. Краснодар, 2015. 331 с.
10. Скульбеденко Н.А. Модель оценки задержек на пешеходных регулируемых переходах с вызывными устройствами // Вестник ИрГТУ. 2008. № 4 (36). С. 105–109.

УДК 621.039.8.002

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ТРИХЛОРИДА ЛЮТЕЦИЯ-177: ИНЖЕНЕРНЫЕ АСПЕКТЫ

¹Новиков С.Г., ¹Беринцев А.В., ¹Алексеев А.С., ¹Светухин В.В.,
¹Жуков А.В., ¹Фомин А.Н., ¹Кузнецов Р.А., ²Городецкий В.Г.,
²Карболин П.В., ²Преденна М.А., ²Ившин С.А., ²Ильин К.И., ²Марков Д.В.
¹Научно-исследовательский технологический институт им. С.П. Капицы
 Ульяновского государственного университета, Ульяновск, e-mail: novikovsg@ulsu.ru;
²АО «Институт реакторных материалов», Заречный

В работе приведены результаты разработки отдельных технологических операций и средств оснащения технологических операций технологического процесса производства на базе АО «Институт реакторных материалов» трихлорида лютеция-177 с удельной активностью 1 ТБк/мг активационным методом путем облучения нейтронами в реакторе ИВВ-2М стартового материала, содержащего изотопно-обогащенный лютеций-176, и последующей радиохимической переработки. Отмечено, что радионуклид лютеций-177 является самым перспективным β -излучающим радионуклидом, который может стать лидирующим в радионуклидной терапии онкологических заболеваний. В работе сделан акцент на технологических аспектах производства трихлорида лютеция-177, готовности предложенных технологических и контрольных операций к регулярному использованию. Разработано и испытано новое технологическое оборудование, обеспечивающее реализацию технологических операций в рамках процесса в ручном и автоматизированном режимах. Для контроля и документирования всех этапов производства в соответствии с требованиями систем гарантии качества (Quality Assurance System и Good Manufacturing Practice) разработана новая автоматизированная система, регистрации параметров технологических процессов, документирования и сопровождения жизненного цикла производства трихлорида лютеция-177, обеспечивающая сбор и хранение текстовой, графической и мультимедиаинформации обо всех этапах и операциях производства, анализа данных и формирования пакета документов для передачи потребителю трихлорида лютеция-177. Данная система объединяет в себе централизованное хранилище данных – сервер баз данных, набор электронно-вычислительных машин со специализированным программным обеспечением и технологическое оборудование, участвующее непосредственно в производстве на 10 производственных местах, а также рабочее место администратора-технолога, ответственного за качество и склад.

Ключевые слова: технология, трихлорид лютеция-177, реакторное облучение, технологическое оборудование, автоматизированная система

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR THE PRODUCTION OF LU-177: ENGINEERING ASPECTS

¹Novikov S.G., ¹Berintsev A.V., ¹Alekseev A.S., ¹Svetukhin V.V.,
¹Zhukov A.V., ¹Fomin A.N., ¹Kuznetsov R.A., ²Gorodetskiy V.G.,
²Karbolin P.V., ²Predeina M.A., ²Ivshin S.A., ²Ilin K.I., ²Markov D.V.
¹Technological Research Institute S.P. Kapitsa of Ulyanovsk State University,
 Ulyanovsk, e-mail: novikovsg@ulsu.ru;
²Institute of Nuclear Materials (JSC «INM»), Zarechny

The paper presents the results of the development of separate technological operations and equipment for the technological operations of the technological process of production of Lutetium trichloride-177 on the basis of JSC «Institute of Reactor Materials» with a specific activity of 1 TBq/mg by means of an activation method by irradiating neutrons in the IVB-2M reactor with a starting material containing isotopically – enriched lutetium-176 and subsequent radiochemical processing. The Lutetium-177 radionuclide is one of the most promising β -emitting radionuclide, which can become a leading material in radionuclide therapy of oncological diseases. The paper focuses on the technological aspects of the production of Lutetium-177 trichloride, the readiness of the proposed technological and control operations for regular use. New technological equipment has been developed and tested ensuring the implementation of technological operations within the process in manual and automated modes. To control and document all stages of production in accordance with the requirements of Quality Assurance System and Good Manufacturing Practice, a new automated system has been developed for recording process parameters, documenting and maintaining the life cycle of Lutetium-177 trichloride, which provides collection and storage of textual, graphic and multimedia information about all stages and operations of production, data analysis, and the formation of a package of documents for the transfer of Lutetium-177 trichloride to the consumer. This system combines a centralized database – a database server, a set of electronic computers with specialized software and production equipment, participating directly in production at 10 production workplaces, as well as the workplace of the technology administrator responsible for the quality and warehouse.

Keywords: technology, Lutetium (177LuCl₃) trichloride, reactor irradiation, technological equipment, automated system

Одним из основных методов лечения онкологических больных на сегодняшний день является лучевая терапия. Она применяется как компонент комплексного и ком-

бинированного лечения злокачественных опухолей, а также в самостоятельном виде у 60% онкологических больных. Количество диагностических и терапевтических

процедур с использованием радиоактивных изотопов в настоящее время составляет несколько десятков миллионов в год с ежегодным приростом более 10%. Поэтому производство медицинских радиоизотопов превратилось в важную, растущую отрасль ядерной индустрии [1].

Основной вид лучевой терапии – радионуклидная терапия (РНТ). Воздействие на опухоль осуществляется путем адресной доставки радиофармпрепарата по кровотоку или инъекционно [2]. Ежегодно только в России в радионуклидной терапии нуждаются более 150 тыс. человек. Традиционными для РНТ за последние 20 лет стали препараты на основе ^{131}I и ^{90}Y . Однако примерно с 2005 г. начал проявляться все нарастающий интерес к применению для этих целей радиоизотопа Lu-177 [3–5]. Если прогноз авторов [6, 7] о потенциальной лидирующей роли радиоизотопа Lu-177 в радионуклидной терапии справедлив, то масштабы применения этого радионуклида должны быть сопоставимы с масштабами потребления ^{131}I или даже превзойти их. Очевидно, что подобный сценарий может быть реализован лишь при условии создания и бесперебойного функционирования технологической цепочки «реактор – радиохимия – синтез радиофармпрепарата».

Радионуклид ^{177}Lu , наиболее перспективный β -излучающий радионуклид для

радионуклидной терапии онкозаболеваний, в силу своих ядерно-физических свойств [4–6]:

- большинство испускаемых β -частиц (79,3%) имеют энергию $E_{\text{макс}} = 0,497$ МэВ,
- низкая энергия γ -излучения ($E_{\gamma} = 113$ кэВ (6,4%) и 208 кэВ (11%)),
- сравнительно небольшая длина пробега β -частицы ^{177}Lu в биологических тканях (менее 2 мм),

все это при локализации значительного количества атомов ^{177}Lu в непосредственной близости от опухолевой клетки обеспечивает избирательное уничтожение опухоли при минимальном повреждении окружающих тканей.

Кроме того, ^{177}Lu имеет оптимальный период полураспада ($T_{1/2} = 6,647$ суток), продуктом распада является стабильный изотоп ^{177}Hf .

На рис. 1 представлена схема цепочек накопления ^{177}Lu . Для получения препарата ^{177}Lu высокой удельной активности применяются реакторные способы [4–6], такие как:

- $^{176}\text{Lu}(n, \gamma)^{177}\text{Lu}$ – облучение нейтронами ядерного реактора стартового материала, содержащего ^{176}Lu ;
- $^{176}\text{Yb}(n, \gamma)^{177}\text{Yb}(\beta)^{177}\text{Lu}$ – облучение нейтронами ядерного реактора стартового материала, содержащего ^{176}Yb .

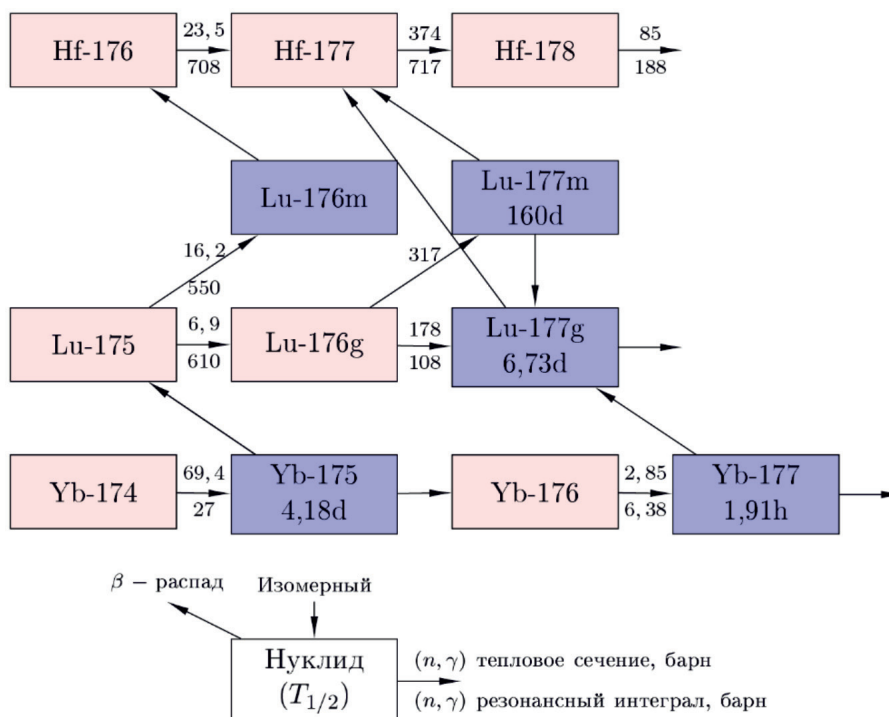


Рис. 1. Схема цепочек накопления ^{177}Lu

Для получения препарата ^{177}Lu высокой удельной активности применяются реакторные способы, такие как:

- $^{176}\text{Lu}(n, \gamma)^{177}\text{Lu}$ – облучение нейтронами ядерного реактора стартового материала, содержащего ^{176}Lu ;
- $^{176}\text{Yb}(n, \gamma)^{177}\text{Yb}(\beta)^{177}\text{Lu}$ – облучение нейтронами ядерного реактора стартового материала, содержащего ^{176}Yb .

Основными производителями ^{177}Lu , реализующими данные цепочки, являются высокотехнологичные компании в Германии и Голландии. Также в настоящее время в различных странах (страны ЕС, США, Индия и др.) уже проводится целый ряд клинических исследований новых таргетных РФП на основе ^{177}Lu , а также ведутся R&D с целью получения и использования новых радиофармацевтических растворов на его основе [8–11]. Успешное применение ^{177}Lu в РФП ограничено лишь возможностью получения радионуклида ^{177}Lu высокой удельной активности и радиохимической чистоты.

Наиболее перспективным и коммерчески значимым является РФП аналог октреотида $^{177}\text{Lu-DOXA-TOC/TATE}$ [11], предназначенные для рецепторно-таргетной терапии нейроэндокринных опухолей, например, препарат $^{177}\text{Lu-DOXA-TATE Lutathera}$ ® компании ААА ($[^{177}\text{Lu}]\text{Lutetium-DOXA}^0\text{-Tvr}^3\text{-Octreotate}$) недавно получил статус орфанного препарата в США и ЕС и в настоящее время проходит дополнительные клинические исследования для расширения показаний к применению [12].

Основная форма поставки ^{177}Lu и требования к его качеству определяются его применением – синтез РФП. В настоящее время линейка конечной продукции РФП фактически находится на стадии формирования – ряд препаратов проходит II–III стадии клинических испытаний, после которых и начинается, собственно, клиническое использование препарата, масштабы которого определяются назначением конкретных РФП. Например, одним из наиболее перспективных направлений применения ^{177}Lu -РФП – синтез пептидных препаратов для терапии гастроэнтеропанкреатических опухолей (*gastroenteropancreatic neuroendocrine tumors*, ГЕР-ХЕТ). Уже планируется широкое применение ^{177}Lu -РФП для радионуклидной терапии рака простаты и яичников. Выпуск таких препаратов осуществляется в статусе «для клинических испытаний», однако это уже полноценное производство со всей инфраструктурой, обеспечивающей выполнение требований Good Manufacturing Practice (GMP), являющихся ключевыми при производстве лекарственных средств

(напр., IDB Radiopharmacy, Holland). В аналогичном режиме производятся и прекурсоры, используемые в синтезе РФП.

Однако, несмотря на перспективность использования данного вида РФП, производство прекурсоров с ^{177}Lu , соответствующих требованиям GMP, в России пока отсутствует. Известно, что такое производство планируется к запуску на базе «Завод «Медрадиопрепарат».

В данной статье приведены результаты разработки технологического процесса производства трихлорида лютеция-177 (с.а.) в АО «Институт реакторных материалов», г. Заречный.

Разработка операций и технологического оборудования для производства трихлорида лютеция-177

Дореакторная подготовка

В основу технологического процесса положен активационный метод получения ^{177}Lu путем облучения нейтронами ядерного реактора стартового материала, содержащего ^{176}Lu .

В качестве стартового материала используется оксид лютеция, обогащенный по изотопу лютеция-176. В настоящее время единственным в России поставщиком оксида лютеция с чистотой 99,99% и обогащением 82% по ^{176}Lu является комбинат «Электрохимприбор».

На первом этапе производства осуществляется вскрытие ампул со стартовым материалом, содержащим изотопно-обогащенный по лютецию-176, и его фасовка в кварцевые ампулы.

Поскольку количество стартового материала, помещаемого в ампулу, для облучения мало, дозирование стартового материала удобно проводить в форме раствора с последующим упариванием этого раствора непосредственно в ампуле для облучения. Для этого стартовый материал (оксид лютеция-176) переводится в водорастворимую форму растворением в азотной кислоте.

Оксид лютеция растворяется в минимальном объеме азотной кислоты непосредственно в первичной упаковке изотопно-обогащенного оксида лютеция-176. Для ускорения реакции растворения проводится нагрев раствора. Объем кислоты, используемой для растворения, выбирается на основании стехиометрии реакции растворения и количества лютеция в порции, вносимой в кварцевую ампулу для облучения. Концентрация лютеция в полученном растворе устанавливается с помощью калиброванной посуды (пикнометр, мерная колба и т.п.). Подготовленный таким образом раствор

лютеция-176 с известной концентрацией по металлу вносится в ампулу для облучения с помощью автоматического дозатора. При этом учитывается, что объем этого раствора ограничен вместимостью ампулы и не должен превышать нескольких миллилитров. Раствор упаривается досуха непосредственно в ампуле. Все операции по подготовке раствора и его упаривание в ампуле для облучения проводятся в ламинарном боксе в очищенной воздушной среде.

Для оценки качества полученного раствора и контроля стартового состава проводится химический анализ методом ИСР.

Ампула кварцевая для фасовки нитрата лютеция и последующего облучения изготавливается на предприятии по разработанным чертежам. Для производства кварцевых ампул разработана специализированная установка для изготовления ампул кварцевых [13].

Герметизацию кварцевой ампулы проводят в вертикальном положении на узком пламени водородно-кислородной горелки в установке герметизации ампулы кварцевой [14].

Далее, из технического алюминия АД1 изготавливается алюминиевая капсула для мишени.

Сборка мишени представляет собой процедуры загрузки запаянной кварцевой ампулы внутрь алюминиевой капсулы и совмещение заглушки и алюминиевой капсулы. Операция выполняется на рабочем столе в цанге установки герметизации алюминиевой капсулы. Далее проводится автоматическая герметизация алюминиевой капсулы методом аргоно-дуговой сварки.

Перед облучением проводится сборка облучательного устройства (ОУ). ОУ представляет собой две алюминиевые капсулы, соединенные между собой алюминиевой дистанционирующей перемычкой и снабженные алюминиевой дистанционирующей ножкой со свинцовым утяжелителем для позиционирования капсул в максимальном потоке активной зоны реактора ИВВ-2М.

После сборки ОУ помещается в канал реактора для выполнения программы облучения.

Реакторное облучение

Облучение ОУ с лютецием-176 проводится в реакторе ИВВ-2М в течение 10 эффективных суток. Для облучений ^{176}Lu использованы боковые нейтронные ловушки, расположенные ближе к периферии активной зоны. В данных условиях обеспечивалась плотность потока тепловых нейтронов на мишенях с ^{176}Lu на уровне $2,5 \cdot 10^{14} \text{ см}^{-2} \cdot \text{с}^{-1}$.

Характеристики наработки ^{177}Lu из ^{176}Lu , обогащенного до 80%, показаны на рис. 2. При этом обеспечиваются хорошие результаты $> 1000 \text{ ГБк/мг}$ с содержанием $^{177\text{m}}\text{Lu}$ менее 10^{-4} .

В таблице представлены активности нуклидов в ОУ при длительности облучения 10 суток. Наиболее активными компонентами облученного ОУ являются радионуклиды ^{31}Si и ^{24}Na , однако короткий период полураспада ^{31}Si позволяет снизить его активность путем выдержки ОУ в бассейне реактора после облучения в течение суток. Таким образом, параметры радиационной защиты, необходимой для обращения с ОУ, рассчитывались исходя из активности радионуклида ^{24}Na .

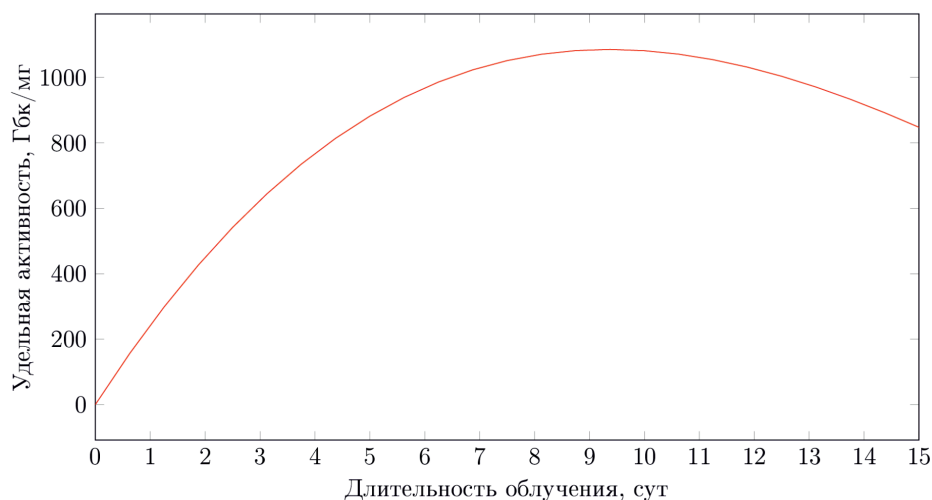


Рис. 2. График наработки ^{177}Lu [15]

Активность нуклидов после облучения ОУ «Лютеций» в течение 10 суток

Нуклид	Активность, Бк	Период полураспада (T _{1/2}), ч
³¹ Si	1,5·10 ¹²	2,62
²⁴ Na	9,2·10 ¹¹	14,9590
¹⁷⁷ Lu	1·10 ¹²	159,54
^{177m} Lu	6·10 ⁸	3850,56

Получение трихлорида лютеция-177

Выгрузка облучательного устройства из канала реактора производится в перегрузочный контейнер, из которого осуществляется загрузка облучательного устройства в радиационно-защитную камеру.

Разборка облучательного устройства реализуется в радиационно-защитной камере при помощи копирующих манипуляторов и специализированной оснастки. В результате разбора остаются две алюминиевые мишени с облученным материалом. Операция вскрытия мишеней проводится также в радиационно-защитной камере при помощи копирующих манипуляторов и специализированной оснастки. Затем при помощи манипуляторов извлекаются ампулы с облученным материалом.

Отмытые, предварительно дезактивированные высушенные кварцевые ампулы помещаются в транспортировочный контейнер. Транспортировка из радиационно-защитной камеры осуществляется в первую секцию радиационно-защитного бокса, в котором проводится извлечение кварцевой ампулы из контейнера, отмывка и предварительная оценка активности лютеция-177.

Затем кварцевая ампула помещается в транспортировочный контейнер и перемещается в чистую зону, для подготовки трихлорида лютеция-177.

В чистой зоне в радиационно-защитном боксе производится вскрытие кварцевой ампулы при помощи шпаговых манипуляторов и специализированной оснастки.

Для получения раствора с объемной активностью 1–3 Ки/мл, при условии, что в одной ампуле содержится около 27 Ки лютеция-177, сухой остаток растворяется в 9–27 мл соляной кислоты с концентрацией 0,1 моль/л. Операция выполняется в радиационно-защитном боксе с использованием автоматических дозаторов объемом 1, 5 и 10 мл.

На данном этапе отбирается аликвота для определения подлинности продукта, радиозотопного состава, радиохимической и химической чистоты, контроля стерильности. Контрольные операции в лаборатории контроля качества проводятся по аттестованным методикам.

После подтверждения качества готового раствора проводится его стерилизация с использованием стерилизующих фильтров и фасовка. Фасовка осуществляется в радиационно-защитном боксе с использованием автоматического микродозатора. Объемы дозирования определяются заказчиком.

Для паспортизации проводится отбор пробы. В качестве аликвоты используется либо один из флаконов после розлива, либо остаток раствора в таре.

Затем готовый препарат упаковывается в транспортный упаковочный комплект вида I типа А, отвечающий требованиям ГОСТ 16327-88.

Разработка информационной системы регистрации параметров технологических процессов, документирования и сопровождения жизненного цикла производства трихлорида лютеция ¹⁷⁷LuCl₃

Для контроля и документирования всех этапов производства в соответствии с требованиями GMP разработана новая автоматизированная система регистрации параметров технологических процессов, документирования и сопровождения жизненного цикла производства трихлорида лютеция ¹⁷⁷LuCl₃.

При разработке данной информационной системы учитывались правила и нормы, изложенные в ISPE GAMP 5 «Риск-ориентированный подход в отношении компьютеризированных систем, соответствующих группе стандартов GxP» и IAEA TECDOC-1430 «Объекты использования радиоизотопов и автоматизация производства радиоизотопов». Структурная схема системы приведена на рис. 3.

Система представляет собой аппаратно-программный комплекс, предназначенный для автоматизации процесса производства трихлорида лютеция. Автоматизированная система (АС) объединяет в себе централизованное хранилище данных – сервер баз данных, набор электронно-вычислительных машин (ЭВМ) со специализированным программным обеспечением и технологическое оборудование, участвующее непосредственно в производстве. АС связывает между собой через централизованное хранилище данных технологические операции, производимые на 10 производственных местах, а также рабочее место администратора-технолога и склад. Каждый производственный участок автоматизированной системы включает в себя ЭВМ, в качестве которой может выступать персональный компьютер или промышленный компьютер, снабженный устройством бесконтактного ввода ключей для подтверждения статуса

операций и действий в процессе. Одной из основных задач ЭВМ на рабочих местах является сбор параметров и настроек технологического оборудования, вовлеченного в процесс производства, и сохранение их в хранилище данных.

Основными назначениями автоматизированной системы являются:

– автоматизированная и ручная регистрация параметров технологических

и контрольных операций производства $^{177}\text{LuCl}_3$, сотрудников, которые их выполняют, и временных меток для критических по времени действий;

– автоматизированный учёт расходных и приходных документов, а также складских остатков комплектующих и расходных материалов, формирование отчётов о складских остатках на дату, указанную пользователем, и расходе за указанный период;

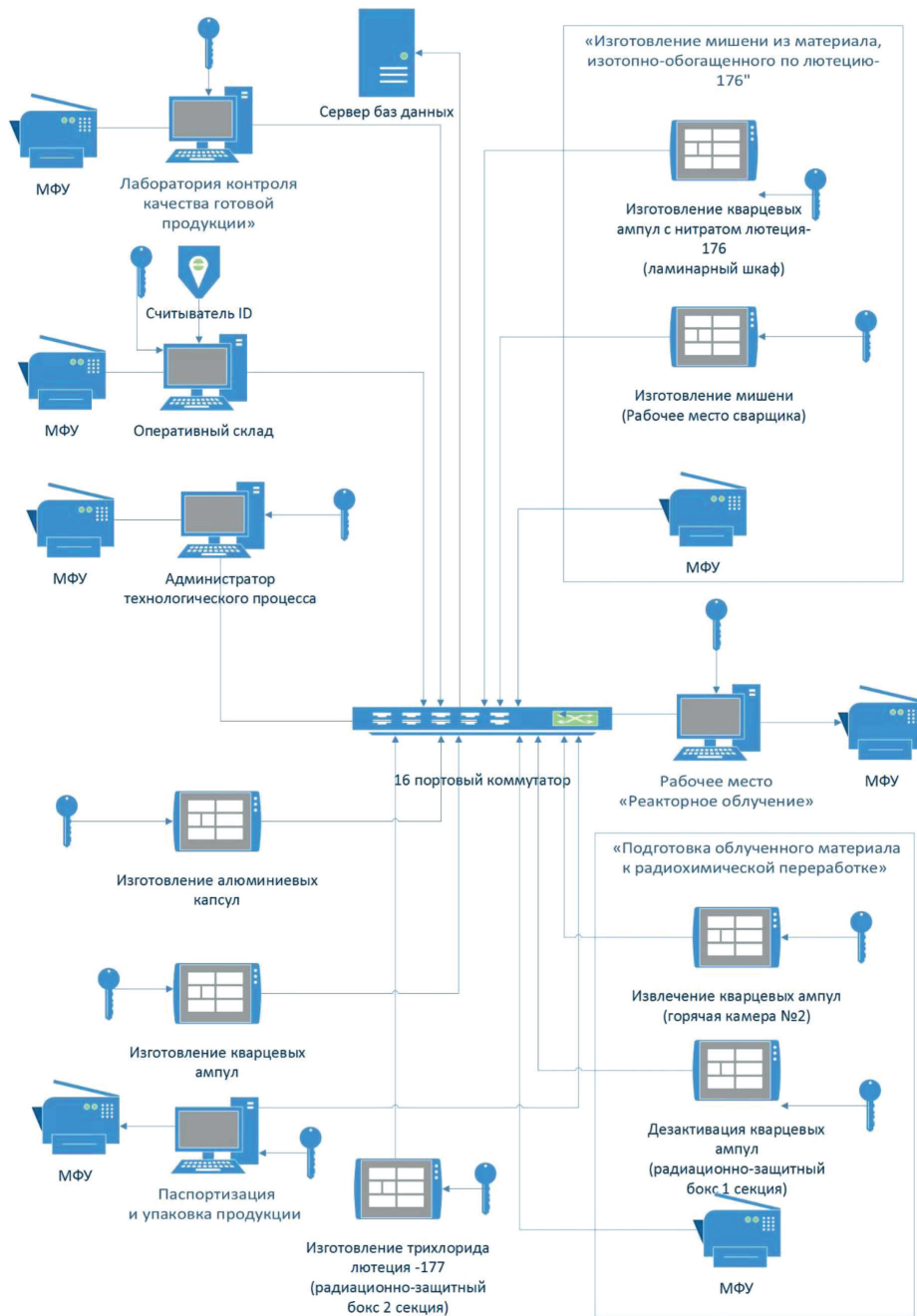


Рис. 3. Структурная схема автоматизированной системы регистрации параметров технологических процессов, документирования и сопровождения жизненного цикла производства $^{177}\text{LuCl}_3$

– автоматизированная генерация исходящей сопроводительной документации: актов, паспортов и т.д.;

– хранение входящей сопроводительной документации: паспортов, актов, сертификатов и т.д.;

– учёт срока годности расходных материалов.

Система обеспечивает непрерывный контроль технологического процесса, что необходимо для подтверждения качества готового продукта.

Кроме того, данная информационная система соответствует в том числе следующим требованиям:

– должна быть в состоянии обеспечить двойную проверку критических данных, вводимых вручную;

– должна быть в состоянии генерировать точные и полные копии записей как в читаемой, так и в электронной форме, должна быть способна защитить записи для обеспечения их точного и быстрого поиска на протяжении всего времени хранения записей.

– должна разрешать доступ к системе только для уполномоченных специалистов: только уполномоченный персонал имеет разрешение на использование системы, электронные подписи записей, изменения записи или выполнения работы в ручном режиме.

Заключение

Таким образом, разработан новый технологический процесс производства трихлорида лютеция $^{177}\text{LuCl}_3$, включающий в себя более тридцати технологических и контрольных операций. Для обеспечения реализации технологических операций в рамках процесса разработано новое технологическое оборудование. Разработана новая автоматизированная система регистрации параметров технологических процессов, документирования и сопровождения жизненного цикла производства трихлорида лютеция $^{177}\text{LuCl}_3$.

Результаты выполненных работ использованы при разработке проектов производственных участков производства трихлорида лютеция $^{177}\text{LuCl}_3$.

В результате запуска технологического участка на предприятии АО «ИРМ» планируется выпуск и поставка $^{177}\text{LuCl}_3$ в объемах, обеспечивающих выполнение лечебных процедур по методу РНТ с применением $^{177}\text{LuCl}_3$ для всех учреждений радиологического профиля на территории РФ.

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ, договора № 02.G25.31.0155.

Список литературы

1. Knapp F.F., Ambrose K.R., Beets A.L. Nuclear medicine program progress report for quarter ending. Technical report ORNL/TM-13107: Rep., Oak Ridge National Laboratory. September 30. 1995.

2. Torgny Stigbrand, Jorgen Carlsson, Gregory P. Adams ed. by. Peptides for Radionuclide Therapy. Targeted Radionuclide Tumor Therapy: Biological Aspects, Springer Netherlands. 2008. P. 117–144. URL: <http://bookfi.net/book/1194476> (accessed 10.07.2018).

3. Das T., Chakraborty S., Banerjee S., Venkatesh M. On the preparation of a therapeutic dose of ^{177}Lu -labeled dota-tate using indigenously produced ^{177}Lu in medium flux reactor. Applied Radiation and Isotopes. 2007. vol. 65. P. 301–308.

4. Tarasov V.A., Andreev O.I., Romanov E.G., Kuznetsov R.A., Kupriyanov V.N., Tselishev I.V. Production of no-carrier added lutetium-177 by irradiation of enriched ytterbium-176. Current radiopharmaceuticals. 2015. vol. 8. P. 95–106.

5. Boldyrev P.P., Zagryadskii V.A., Erak D.Yu., Kurochkin A.V., Markovskii D.V., Mikhin O.V., Proshin V.A., Khmyzov N.V., Chuvilin D.Yu., Yashin Yu.A. Possibility of obtaining high-activity ^{177}Lu in the IR-8 research reactor. Atomic Energy. 2017. vol. 121. no. 3. P. 208–213.

6. Zhernosekov K.P., Perego R.C., Dvorakova Z., Türler A. Target burn-up corrected specific activity of ^{177}Lu produced via ^{176}Lu (n, γ) ^{177}Lu nuclear reactions. Applied Radiation and Isotopes. 2008. vol. 66. no. 9. P. 1218–1220.

7. Pillai Ambikalmajan M.R., Knapp Furn F. Evolving important role of lutetium-177 for therapeutic nuclear medicine, Current Radiopharmaceuticals. 2015. vol. 8. no. 2. P. 78–85.

8. Dash A., Pillai M.R.A., Knapp F.F. Production of ^{177}Lu for Targeted Radionuclide Therapy: Available Options (Review). Nuclear Medicine and Molecular Imaging. 2015 June 13. vol. 49. no. 2. P. 85–107. DOI: 10.1007/s13139-014-0315-z.

9. Yousefnia H., Jalilian A.R., Zolghadri S., Bahrami-Samani A., Shirvani-Arani S., Ghannadi-Maragheh M. Preparation and quality control of ^{177}Lu -[tris(1,10-phenanthroline)lutetium(III)] complex for therapy. Nuclear Medicine Review. 2010. vol. 13 (2). P. 49–54.

10. Vimalnath K.V., Shetty P., Lohar S.P., Adya V.C., Thulasidas S.K., Chakraborty S., Dash A. Aspects of yield and specific activity of (n, γ) produced ^{177}Lu used in targeted radionuclide therapy. Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry. 2014. vol. 302. no. 2. P. 809–812.

11. Baum R.P., Kluge A.W., Kulkarni H., Schorr-Neufing U., Niepsch K., Bitterlich N., van Ehteld C.J. [(177)Lu-DOTA](0)-D-Phe(1)-Tyr(3)-Octreotide ((177)Lu-DOTATOC) for peptide receptor radiotherapy in patients with advanced neuroendocrine tumours: A phase-ii study. Theranostics. 2016. vol. 6(4). P. 501–510.

12. A Study Comparing Treatment With ^{177}Lu -DOTA0-Tyr3-Octreotate to Octreotide LAR in Patients With Inoperable, Progressive, Somatostatin Receptor Positive Midgut Carcinoid Tumours URL: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/study/NCT01578239?term=A+Study+Comparing+Treatment+With+177Lu-DOTA0-Tyr3-Octreotate+to+Octreotide+LAR+in+Patients+With+Inoperable%2C+Progressive%2C+Somatostatin+Receptor+Positive+Midgut+Carcinoid+Tumours&rank=1> (accessed 10.07.2018).

13. Сапунов В.В. Новиков С.Г. Родионов В.А., Штанько А.А., Беринцев А.В. Установка для изготовления перетяжек в кварцевых ампулах. Пат. № 178147 Российская Федерация. 2018. URL: http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet (accessed 10.07.2018).

14. Сапунов В.В. Новиков С.Г. Родионов В.А. Штанько А.А., Беринцев А.В. Установка для запайки ампул кварцевых. Пат. № 178553 Российская Федерация, 2018. URL: http://www1.fips.ru/fips_serv1/fips_servlet (accessed 10.07.2018).

15. Злоказов С.Б., Джанелидзе А.А., Злоказова Е.И., Коренкова А.В., Котельников Н.А., Козлов А.В., Марков С.Ю., Шакиров З.Н. Методические и инженерные подходы к производству изотопов на реакторе ИВВ-2М. Атомная энергия. 2016. № 4. С. 227–232.

УДК 66.022.6:665.753.4

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДЛИТЕЛЬНОГО ХРАНЕНИЯ
ДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА НА ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ****Нурмухаметова Э.Р., Фатхутдинова Э.Н., Сидоров Г.М., Осипенко Д.Ф.***Уфимский государственный нефтяной технический университет, Уфа,**e-mail: Elina1991_91@mail.ru*

Производство дизельного топлива, соответствующего современным требованиям, предполагает выпуск топлива с низким содержанием серы (до 10 ppm). Однако снижение содержания серы в дизельном топливе приводит к ухудшению смазывающей способности. Решение данной проблемы заключается в применении различных присадок, обеспечивающих необходимое значение показателя смазывающей способности – скорректированного диаметра пятна износа (СДПИ). Однако при длительном хранении топлива с введенными присадками происходит частичное или полное осаждение присадок, что ведет к расслоению используемых присадок и дизтоплива, а значит, к ухудшению качества и не соблюдению нормативных актов. Данный вопрос особенно актуален для территорий Крайнего Севера, где доставка топлива возможна только в период летней навигации. Для изучения влияния длительного хранения дизельного топлива на его эксплуатационные характеристики была исследована динамика изменения показателя СДПИ при хранении топлива в резервуаре. Смазывающую активность определяли стандартизированным методом ISO 12156-1-2006 на аппарате HFRR. Для проведения экспериментов в базовое гидроочищенное дизельное топливо была введена смазывающая присадка Dodilube 4940 (Clariant). Дизельное топливо с введенной присадкой было оставлено на хранение. По результатам полученных данных были сделаны выводы об изменении смазывающих характеристик дизельного топлива после длительного хранения. Выявлено, что после двух месяцев хранения не наблюдается ухудшение эксплуатационных свойств – значение СДПИ соответствует ГОСТ Р 55475-2013, но наблюдается расслоение топлива, что доказывается различными значениями СДПИ в пробах, отобранных в различных точках резервуара.

Ключевые слова: гидроочистка, дизельное топливо, смазывающая способность дизельного топлива, расслоение топлива при хранении, смазывающая присадка

**RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE LONG-TERM STORAGE OF DIESEL
FUEL ON OPERATING CHARACTERISTICS****Nurmukhametova E.R., Fatkhutdinova E.N., Sidorov G.M., Osipenko D.F.***Ufa State Petroleum Technological University, Ufa, e-mail: Elina1991_91@mail.ru*

Production of diesel fuel that meets modern requirements requires the production of fuel with a low sulfur content (up to 10 ppm). However, reducing the sulfur content of diesel fuel can lead to a deterioration in lubricity. The solution to this problem is the use of various additives that provide the necessary value of the lubricating power index – corrected wear spot diameter (CWSO). However, with long-term storage of fuel with added additives, partial or complete precipitation of additives occurs, which leads to the separation of used additives and diesel fuel, which means deterioration of quality and non-observance of normative acts. This issue is especially relevant for the territories of the Far North, where fuel delivery is possible only during the summer navigation. To study the effect of long-term storage of diesel fuel on its operational characteristics, the dynamics of the change in the CWSO index during storage of fuel in a tank was studied. Lubricating activity was determined by the standardized method ISO 12156-1-2006 on the HFRR apparatus. To carry out the experiments, a lubricating additive Dodilube 4940 (Clariant) was entered into the base fuel. Diesel fuel with the added additive was left for storage. Based on the results of the data obtained, conclusions were drawn about changes in the lubricating characteristics of diesel fuel after long-term storage. It has been revealed that after two months of storage there is no deterioration in operational characteristics – the CWSO value is according to GOST R 55475-2013, but the fuel separation is observed, which is proved by different values of CWSO in samples taken at different points of the reservoir.

Keywords: hydrotreatment, diesel fuel, lubricity of diesel fuel, fuel separation during storage, lubricating additive

За последнее десятилетие в Европе и Российской Федерации наблюдается тенденция увеличения потребления дизельного топлива. Прежде всего, это связано с увеличением парка автомобильного транспорта с дизельным двигателем из-за их экономичности и приоритетным направлением автомобильной промышленности за счет развития дизельного автомобилестроения с повышенной мощностью двигателей. Производимые в настоящее время высокооборотистые дизельные двигатели, характеризующиеся экономичностью и высокой

удельной мощностью, требуют в свою очередь качественного топлива.

Одним из основных направлений развития нефтеперерабатывающей отрасли России до 2020 г. определен рост производства дизельного топлива, увеличение реализации на внутреннем рынке до 45 млн т/год, при стабилизации объема переработки нефти на текущем уровне [1].

Бесперебойное обеспечение качественным дизельным топливом различных дизельных энергетических установок, а также наземного и водного транспорта, с учётом

разных природно-климатических зон, достигается не только за счет производства топлива на нефтеперерабатывающих заводах с заданными свойствами, но и правильного хранения его в резервуарах, выявления закономерностей изменения качества топлива со временем их хранения в резервуарах и с определением влияния внешних параметров на изменение качества, разработки способов и технологии восстановления его качества до требуемых норм.

На территории Российской Федерации с 2008 г. Постановлением Правительства РФ от 27.02.2008 г. № 118 введен Технический регламент «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту». В соответствии с этим регламентом основные показатели качества моторных топлив были изменены в сторону ужесточения, по сравнению с ранее действующими стандартами.

На нефтеперерабатывающих заводах при производстве дизельного топлива кроме эксплуатационных свойств особое внимание уделяется повышению экологических показателей.

Для обеспечения возможности экспорта производимого в России моторного топлива в европейские страны показатели качества топлива должны соответствовать европейским нормам EN 590, который за последние десятилетия претерпели существенные изменения.

Так, для дизельного топлива класса 5, соответствующего евростандарту Евро-5, его цетановое число должно быть не менее 51 единицы, содержание серы не выше 10 ppm. При этом нормируется и предельная температура фильтруемости (для холодного климата не выше минус 20 °С), и смазывающая способность (скорректированный диаметр пятна износа) при 60 °С, регламентируемое ГОСТ Р 55475-2013, не выше 460 мкм.

Принятие нового технического регламента и неуклонное повышение требования качества нефтепродуктов настолько велики, что методы переработки дизельного топлива, вполне удовлетворительные в прошлом, в настоящее время уже непригодны. Это и стало основным толчком к началу модернизации российских нефтеперерабатывающих заводов, улучшению промышленного оборудования, усовершенствования старых и внедрения новых технологий, что ведет к дополнительным затратам и увеличению себестоимости дизельного топлива, а значит, и рыночной цены на автозаправочных станциях [2].

Однако решить вопрос лишь реконструкцией не всегда получается за короткий срок. К 2015 г. в России было реконструировано только 47 из более чем 120 запланированных установок по переработке нефти [3, 4].

Известно, что работа дизельных двигателей на топливе, содержащем серу, вызывает интенсивное отложение нагара, образование сернистых соединений, вызывающих коррозию деталей, но с другой стороны, наличие серы в топливе обеспечивает его смазывающие свойства. Но стандарт обязывает производство с ультранизким содержанием серы, что ведет к ухудшению смазывающей способности дизельного топлива.

Цель исследования: изучение влияния длительного хранения дизельного топлива на его эксплуатационные характеристики.

Исследование изменения смазывающих свойств дизельного топлива при длительном хранении в резервуарах и разработка способов восстановления его качества до требуемой нормы является актуальной с научной и практической точки зрения.

Материалы и методы исследования

Согласно ISO 12156-1, ASTM D6079 смазывающее свойство исследуемого образца дизельного топлива определялось на приборе HFRR «High Frequency Reciprocating Rig». Метод основан на измерении пятна износа на металлическом шарике, образующегося в результате трения металлического шарика к горизонтально установленной металлической пластине. Для испытания используются стандартный шарик диаметром 6 мм и пластина, изготовленные из специальной стали, заданной твердостью и отполированной поверхностью. В ходе испытания шарик прижимается к неподвижной горизонтальной стальной пластине круглой формы под действием приложенной нагрузки 0,20 кг. Испытуемую пробу топлива помещают в емкость объемом 2 см³, в которой поддерживается заданная температура 60 °С, при этом поверхность шарика, вступающая в контакт с неподвижной пластиной, полностью погружена в испытуемое топливо. Для обеспечения возвратно-поступательного движения шарика с заданной частотой и длиной хода в приборе HFRR используется электромагнитный вибровозбудитель. Продолжительность испытания строго регламентирована. Для измерения размера пятна износа на испытуемом шарике используется микроскоп с высокой разрешающей способностью. При расчете точного размера диаметра пятна износа учитывают не только полученные диаметры, параллельные и перпендикулярные осциллирующему движению, но так же температура и относительная влажность воздуха в начале и конце эксперимента, для корректировки пятна износа к стандартному набору условий испытания. Рассчитанный таким образом скорректированный диаметр пятна износа (СДПИ) является показателем смазывающей способности дизельного топлива, допустимое значение которого, регламентируемое ГОСТ Р 55475-2013, составляет 460 мкм [5].

Результаты исследования и их обсуждение

Используемое топливо в дизельных двигателях служит смазочным материалом для движущихся деталей топливной аппаратуры, пар трения плунжерных топливных насосов, форсунок, запорных игл, штифтов и других деталей. Однако постоянное ужесточение экологических требований к моторным топливам вынуждает производителей проводить глубокое обессеривание дизельного топлива.

Сернистые соединения благоприятно влияют на работу пар трения топливной аппаратуры высокого давления дизельного двигателя, так как они являются природными поверхностно-активными веществами и их удаление снижает смазывающую способность дизельного топлива. Использование дизельного топлива с пониженными смазывающими свойствами приводит к повышенному износу деталей двигателя и значительно снижает ресурс работы двигателя, поэтому для улучшения эксплуатационных, смазывающих свойств к дизельному топливу добавляют противоизносные присадки.

Современные двигатели предъявляют повышенное требование к потребляемому топливу, кроме того, возросшие экологические требования к продукции НПЗ заставляют их выпускать качественный товар, отвечающий условиям Евро-5, поэтому в настоящее время применение присадок является обязательным условием при производстве малосернистого дизельного топлива.

Ассортимент применяемых присадок для дизельного топлива значительно шире, чем для автомобильного бензина. Это, прежде всего, связано с тяжелыми условиями работы дизельного двигателя, сложным химическим составом и свойствами дизельного топлива, полученного смешением различных фракций нефтепереработки, которые могут сильно отличаться и по-разному реагировать на условия эксплуатации и хранения.

В качестве присадок для дизельного топлива сегодня используются в основном продукты нефтехимии, позволяющие улучшить эксплуатационные свойства дизельных топлив в соответствии с современными требованиями.

Применяются на практике как однокомпонентные присадки в чистом виде, так и комплексные, в предварительно подготовленном растворе. Из всего многообразия ассортимента присадок самые востребованные при производстве современных дизельных топлив класса Евро-5 на не-

фтеперерабатывающих заводах являются: противоизносные (смазывающие), цетано-повышающие и депрессорно-диспергирующие присадки.

Применение противоизносной присадки для восстановления смазывающих свойств является обязательным условием на нефтеперерабатывающих заводах, выпускающих дизельное топливо, подвергшихся глубокой гидроочистке, соответствующее современным экологическим требованиям.

Рабочие концентрации противоизносных присадок в дизельных топливах составляют сотые доли процента. На практике величина дозировки связана с составом средних дистиллятов нефти – фракционного состава, от степени обессеривания топлива, температуры помутнения, количества и типа парафинов, наличия в нем других присадок и т.д. [6–8].

В то же время с применением присадок возникает дополнительная проблема: при длительном хранении топлива в резервуарах происходит частичное, а в некоторых случаях возможно и полное осаждение присадок под действием силы тяжести их собственного веса. Данный процесс ведет к расслоению используемых присадок и дизтоплива, а значит, ухудшению качества [9].

Данный вопрос является особенно актуальным для территориальных нефтебаз хранения топлива и обширных, но малонаселенных и труднодоступных территорий Крайнего Севера с суровыми климатическими условиями. Отопительный сезон в этих регионах длится иногда 9–11 месяцев в году, а доставка грузов, включая топливо, возможна только в непродолжительный период летней навигации из-за отсутствия постоянного наземного сообщения. По программам «северного завоза» ежегодно завозятся значительные объемы жидкого топлива: в Иркутскую область – 15 тыс. т, в Якутию – 740 тыс. т; в ЯНАО – 89 тыс. т; в ХМАО – 11 тыс. т; в НАО – 10 тыс. т, в Хабаровский край – 24 тыс. т; в Камчатский край – 30 тыс. т; в Чукотский АО – 140–148 тыс. т; в Красноярский край – 62 тыс. т [10].

Значительное количество жидкого углеводородного топлива в этих регионах хранится в резервуарах до следующей навигации, следовательно, из-за расслоения продукта снижается смазывающее свойство дизельного топлива, теряется его качество.

Использование в дизельных двигателях такого топлива с низкими смазывающими свойствами приводит к повышенному износу плунжерных пар насоса высокого давления и игл форсунок, следовательно, снижает надежность работы дизельного двигателя.

Литературных данных по изучению влияния смазывающей способности сернистых соединений, роли противоизносных присадок для дизельного топлива с ультранизким содержанием серы достаточно много, однако отсутствуют исследования по изменению смазывающей способности дизельного топлива при длительном хранении вследствие расслоения присадок. На наш взгляд, исследование изменения качества дизельного топлива при длительном хранении из-за расслоения продукта и разработка способа восстановления качества до требуемых норм является актуальным как с научной, так и с практической точки зрения.

Для исследования влияния длительного хранения дизельного топлива на его эксплуатационные характеристики был взят один из основных показателей качества дизельного топлива – смазывающая способность (скорректированный диаметр пятна износа).

Был проведен ряд опытов для подтверждения расслоения дизельного топлива. В качестве базового топлива взято гидроочищенное дизельное топливо без присадок с установки гидроочистки.

На приборе HFRR «High Frequency Reciprocating Rig» была определена смазывающая способность базового гидроочищенного дизельного топлива без добавления присадки. Измеренный показатель СДПИ составил 598 единиц, что значительно превышает требуемую норму, регламентируемую ГОСТ Р 55475-2013, составляющую 460 мкм.

Основные характеристики базового гидроочищенного дизельного топлива представлены в табл. 1.

Далее в базовое топливо была введена смазывающая присадка Dodilube 4940 (Clariant) из расчета 0,30 кг/т. Введение смазывающей присадки повысило смазывающую способность данного дизельного топлива на 49% (табл. 2).

Таблица 1
Физико-химические свойства гидроочищенного дизельного топлива

Наименование показателя	Значение показателя
Фракционный состав, °С	
н.к.	170
10%	196
20%	214
30%	231
40%	246
50%	263
60%	278
70%	294
80%	313
90%	340
к.к.	351
Смазывающая способность: скорректированный диаметр пятна износа при 60 °С, мкм	598
Вязкость, мм ² /с	2,3488
Содержание серы, % мас.	0,0006

Таблица 2

Показатели качества дизельного топлива

Дата отбора	Наименование	Значение СДПИ, мкм	Место отбора пробы
1-й день	Гидроочищенное дизельное топливо с установки гидроочистки без присадки	598	Середина резервуара
1-й день	Гидроочищенное дизельное топливо с установки гидроочистки с добавлением смазывающей присадки Dodilube 4940 (Clariant)	303	Середина резервуара
Через 60 дней	Гидроочищенное дизельное топливо с установки гидроочистки с добавлением смазывающей присадки Dodilube 4940 (Clariant)	294	Верх резервуара
Через 60 дней	Гидроочищенное дизельное топливо с установки гидроочистки с добавлением смазывающей присадки Dodilube 4940 (Clariant)	325	Середина резервуара
Через 60 дней	Гидроочищенное дизельное топливо с установки гидроочистки с добавлением смазывающей присадки Dodilube 4940 (Clariant)	390	Низ резервуара
Через 60 дней	Гидроочищенное дизельное топливо с установки гидроочистки с добавлением смазывающей присадки Dodilube 4940 (Clariant)	304	Середина резервуара (после перемешивания)

Изменение смазывающей способности дизельного топлива при длительном хранении в резервуаре оценивалось путем измерения СДПИ. Для этого дизельное топливо с введенной присадкой было оставлено на хранение. По истечению двух месяцев были взяты пробы с верха, середины и низа резервуара для повторного проведения анализа СДПИ. Анализы показали, что через 60 дней значение СДПИ пробы с верха, середины и низа резервуара отличались от первоначальной на 3, 7 и 29%. Изменение СДПИ по высоте резервуара показывает, что при хранении происходит расслоение дизельного топлива, следовательно, изменение смазывающей способности.

Далее для проверки факта изменения смазывающих характеристик при перемешивании расслоившееся дизельное топливо было тщательно перемешано и определено его СДПИ. Полученные результаты исследований представлены в табл. 2.

Выводы

Результаты полученных данных в ходе исследования показывают, что после двух месяцев хранения значение СДПИ принятого образца дизельного топлива находится в допустимых пределах требования ГОСТ Р 55475-2013, однако наблюдается значительное расслоение топлива и изменение его смазывающей способности по высоте резервуара.

Также можно сделать вывод, что при интенсивном перемешивании расслоившегося топлива можно восстановить смазывающую способность практически до исходного значения.

Предотвратить расслоение и восстановить смазывающую способность дизельного топлива при длительном хранении возможно за счет оборудования резервуара струйным гидравлическим смесителем (СГС) [9, 11], позволяющим интенсивно перемешивать нефтепродукты за счет эффективного использования потенциальной энергии струи в трубопроводе в процессе заполнения резервуара или за счет цирку-

ляции продукта. Смеситель такой конструкции не требует подвода электроэнергии, не имеет подвижных и вращающихся деталей, вызывающих вибрацию стенок резервуара, тем самым позволяет увеличить безопасность и межремонтный срок эксплуатации резервуара. К тому же, СГС может устанавливаться на потоках любой производительности и в резервуарах любой емкости.

Таким образом, установка СГС в резервуарах для хранения товарного дизельного топлива обеспечит однородность топлива по всему объему резервуара и значительно улучшит эксплуатационные характеристики.

Список литературы

1. Зуйков А.В., Чернышева Е.А., Сидоров Ю.В. Особенности производства малосернистого дизельного топлива с низким содержанием полициклических ароматических углеводородов // Нефтепереработка и нефтехимия. 2013. № 1. С. 11.
2. Митусова Т.Н., Калинина М.В. Дизельные и биодизельные топлива // Нефтепереработка и нефтехимия. 2004. № 10. С. 11–14.
3. Нефтепереработка в России: курс на модернизацию. Ernst&Young. 2014. 28 с. URL: <https://www.supplyfinder.com/downloads/pdfs/4373.pdf> (дата обращения: 27.05.2018).
4. Андрианов В. Рынки дизельного топлива. Все лучшее – на экспорт, себе – бодрягу? // Нефтегазовая вертикаль. 2015. № 9. С. 60–65.
5. ГОСТ ISO 2156-1-212. Топливо дизельное. Определение смазывающей способности на аппарате HFRR [Электронный ресурс]. URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200047521> (дата обращения: 15.07.2018).
6. Данилов А.М. Применение присадок в топливах. 3-е изд., доп. СПб.: Химиздат, 2010. 368 с.
7. Данилов А.М. Присадки к топливам как решение химмотологических проблем // Химия и технология топлив и масел. 2014. № 5 (585). С. 31–35.
8. Романцова С.В., Алибаев Б.Т., Корнев А.Ю., Нагорнов С.А. Получение присадок для дизельного топлива, используемого в сельском хозяйстве // Наука в центральной России. 2017. № 1 (25). С. 5–62.
9. Сидоров Г.М., Яхин Б.А., Рябова В.И., Филатов А.К., Зайцев Ю.Н. Снижение качества дизельного топлива в процессе хранения и способ его восстановления // Мир нефтепродуктов. 2017. № 6. С. 32–35.
10. Анализ нынешнего положения изолированных систем энергоснабжения с высокими затратами на энергию [Электронный ресурс]. URL: http://www.cenef.ru/file/Discussion_paper1.pdf (дата обращения: 27.05.2018).
11. Галиакбаров В.Ф., Зубаиров С.Г., Сидоров Г.М. и др. Установка для перемешивания жидкостей в резервуарах. Патент России 156526. 2015. Бюл. № 31.

УДК 004.94

АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА 3D МОДЕЛИРОВАНИЯ ОБЪЕКТОВ ВНУТРЕННЕЙ СТРУКТУРЫ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ ПО АТТРИБУТИВНОЙ ИНФОРМАЦИИ ЦИФРОВОГО ПОЭТАЖНОГО ПЛАНА

Осипов М.П., Чекодаев О.А.

*Нижегородский государственный университет, Национальный исследовательский университет,
Нижний Новгород, e-mail: osipovmp@mail.ru, ch.oleg@hotmail.com*

В работе предложен метод процедурной генерации трехмерных моделей объектов внутренней структуры зданий и сооружений по атрибутивной информации цифрового поэтажного плана. Автоматизация процесса 3D моделирования основана на использовании алгоритмов процедурного моделирования с применением сформированной библиотеки 3D моделей и текстур. Преимуществами автоматического формирования 3D модели поэтажного плана являются отсутствие ручного труда и возможность в реальном времени производить редактирование информации, описывающей объект. Для хранения информации об объектах поэтажного плана выбрана система управления базами данных иерархического типа. Этот выбор дает возможность создавать иерархию наследуемых классов объектов поэтажного плана напрямую и таким образом оптимизировать процесс генерации их 3D модели. Автоматически генерирующиеся объекты поэтажного плана разбиваются по классам в зависимости от методов построения их геометрии. Классы представляют собой иерархическую структуру, каждая следующая ступень иерархии является модификацией более общего геометрического построения модели на предыдущей ступени. Для отрисовки добавленного в классификатор объекта достаточно указать, к какому классу этот объект принадлежит. Такой подход обеспечивает расширяемость алгоритма генерации модели поэтажного плана. При добавлении в классификатор нового типа объектов нет необходимости в создании алгоритма формирования модели этого типа. Достаточно лишь указать в его описании набор характеристик, позволяющих алгоритму определить, какие методы построения из существующей иерархии классов будут использованы.

Ключевые слова: процедурное моделирование, 3D визуализация, СУБД иерархического типа, база знаний цифровых поэтажных планов

AUTOMATION OF THE PROCESS OF 3D MODELING OF OBJECTS OF THE INTERNAL STRUCTURE OF BUILDINGS AND STRUCTURES USING ATTRIBUTIVE INFORMATION FROM THE DIGITAL FLOOR PLAN

Osipov M.P., Chekodaev O.A.

*Nizhny Novgorod State University, National Research University, Nizhny Novgorod,
e-mail: osipovmp@mail.ru, ch.oleg@hotmail.com*

A method of procedural generation of three-dimensional models of objects of the internal structure of buildings and structures based on the attributive information of the digital floor plan is proposed. Automation of the 3D modeling process is based on the use of procedural modeling algorithms using the generated 3D models and textures library. Advantages of automatic formation of a 3D model of a floor plan are the absence of manual labor and the ability in real time to edit the information describing the object. To store information about the objects of the floor plan, a database management system of a hierarchical type was chosen. This choice makes it possible to create a hierarchy of inherited classes of floor plan objects directly and thus optimize the process of generating their 3D model. Automatically generated objects of the floor plan are divided into classes according to the methods of constructing their geometry. Classes are a hierarchical structure; each next step of the hierarchy is a modification of a more general geometric construction of the model in the previous stage. To build a 3D model for an object added to the classifier, it is sufficient to indicate to which class this object belongs. This approach ensures the extensibility of the algorithm for generating a floor plan model. When adding a new type of objects to the classifier, there is no need to create an algorithm for forming a model of this type. It is enough to specify in its description a set of characteristics that allow the program to determine which building algorithms from the existing class hierarchy will be used.

Keywords: procedural modeling, 3D visualization, hierarchical type DBMS, knowledge base of digital floor plans

3D визуализация объектов внутренней структуры зданий и сооружений востребована в различных сферах жизни. Она может быть использована для презентации здания перед его постройкой или при моделировании внутреннего интерьера здания, при кадастровом учете недвижимости, для задач навигации внутри помещения [1] и т.д.

Обычно 3D модели внутреннего интерьера помещений создаются вручную с помощью различных инструментальных

систем трехмерного моделирования [2]. Однако очевидно, что такой подход является достаточно трудоемким, поскольку моделирование происходит полностью посредством оператора. Автоматизация процесса 3D моделирования позволит максимально сократить долю ручного труда. Важное значение в процессе автоматизации играет исходная информация об объекте – чем она подробнее, тем более реалистичную модель данного объекта можно воссоздать. Доста-

точно подробную информацию можно получить на основе лазерного сканирования здания, результатом которого является облако точек [3, 4]. Совмещая эту информацию с визуальной (фотографиями внутреннего интерьера) [5] или информацией полученной с RFID сканеров [6], можно получить достаточно точную 3D модель внутреннего интерьера здания. Однако оборудование для получения такой информации достаточно дорогостоящее, что представляет определенный минус.

Цель исследования: формирование 3D моделей объектов внутренней структуры зданий и сооружений может осуществляться в автоматическом режиме при помощи правил пространственного моделирования по информации из базы данных цифрового поэтажного плана [7, 8]. Такой подход имеет название – процедурное моделирование [9].

Цифровой поэтажный план содержит в себе информацию о местоположении объекта, его габаритах, цвете и материале, в нем хранится информация о межобъектных отношениях и другие сведения, позволяющие получить информацию для его трехмерного представления.

Для хранения информации об объектах поэтажного плана используется система управления базами данных иерархического типа [10]. Этот выбор дает возможность создавать иерархию наследуемых классов объектов поэтажного плана напрямую и таким образом оптимизировать процесс генерации их 3D модели.

Преимуществами автоматического формирования 3D модели поэтажного плана являются отсутствие ручного труда и возможность в реальном времени производить редактирование информации, описывающей объект.

Автоматизация процесса 3D моделирования основана на использовании алгоритмов процедурного моделирования с применением сформированной библиотеки 3D моделей и текстур.

Задача данной работы состоит в разработке алгоритмов автоматизации процесса моделирования объектов внутренней структуры зданий и сооружений по атрибутивной информации цифрового поэтажного плана.

Объектами поэтажного плана выступают стены, пол, потолок этажа, различные предметы интерьера, такие как лампы, двери, окна, шкафы и т.д. Большинство моделей таких объектов может быть сгенерировано вручную заранее в редакторе трехмерного моделирования. Информация о готовой 3D модели и её положении может быть сохранена в цифровой карте. В случае отсутствия готовой модели, её генерация осуществля-

ется автоматически на основе атрибутивного описания объекта из базы данных цифрового поэтажного плана.

По типу представления объекты можно подразделить на две группы: дискретные и содержащие метрическую информацию.

Дискретные объекты – это типовые для поэтажного плана объекты, не имеющие метрического описания. Такими объектами являются лампы, стулья, различные приборы и др. Каждый такой тип объекта может иметь различное описание, представленное списком характеристик. Это может быть тип материала, возраст, габариты и т.п. Список возможных характеристик данного типа объекта в базе знаний цифрового поэтажного плана известен, и для конкретного объекта меняется только их набор. Поэтому предлагается заранее сформировать базу данных готовых 3D моделей типовых объектов и текстур, представляющих различные комбинации их характеристик. Атрибутивная информация дискретных объектов в цифровой карте также содержит информацию о расположении объекта в поэтажном плане. В таком случае, дискретные объекты не генерируются, а представляются готовыми 3D моделями, которые загружаются в программу из библиотеки типовых 3D моделей. Дискретные объекты, которые имеют характеристики, позволяющие автоматически сгенерировать их 3D модель, выделяются в отдельные классы генерации.

Объекты, имеющие метрические характеристики, будут генерироваться автоматически. К таким объектам относятся стены, пол, потолок, лестница, окна и т.п. Такой тип объекта имеет описание в виде представления его контура и списка характеристик, хранящихся в цифровом поэтажном плане. На рис. 1 представлена блок-схема распределения объектов поэтажного плана по начальным классам их представления. Разбиение по классам основывается на различных характеристиках объектов, которые позволяют выделить общие алгоритмы построения геометрии и текстурирования модели.

Объекты, содержащие метрическую информацию, подразделяются на площадные, линейные и комбинированные. Метрическое описание площадного объекта представляет собой последовательность координат точек его границ. 3D модель площадного объекта формируется путем триангуляции внутри заданного контура. В качестве такого объекта может выступать, например, пол или потолок. Объект может иметь прерывания вследствие его пересечения с другим объектом. 3D модель площадного объекта с прерываниями формируется путем вырезания из триангуляционного разбиения областей прерывания.

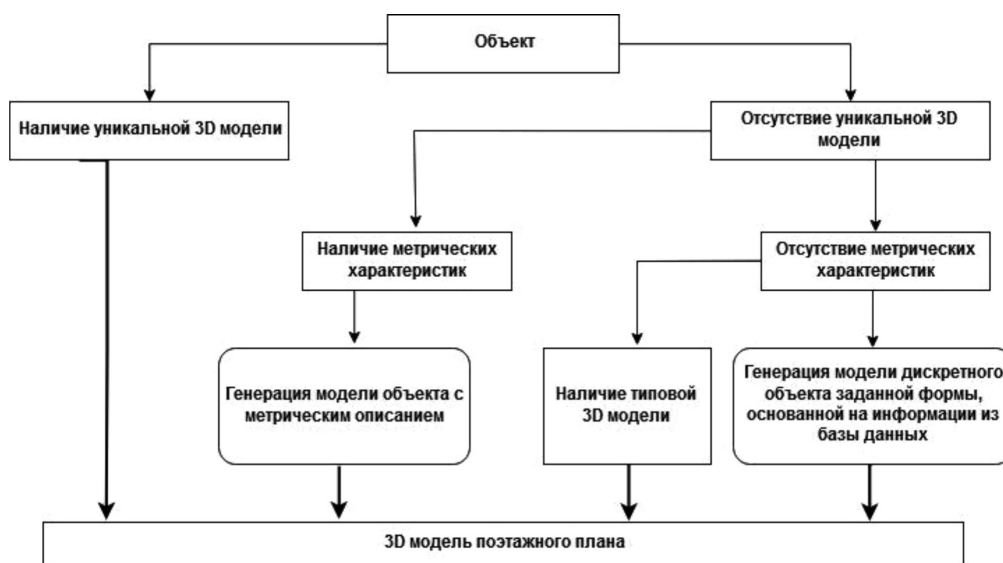


Рис. 1. Схема распределения объектов по начальным классам

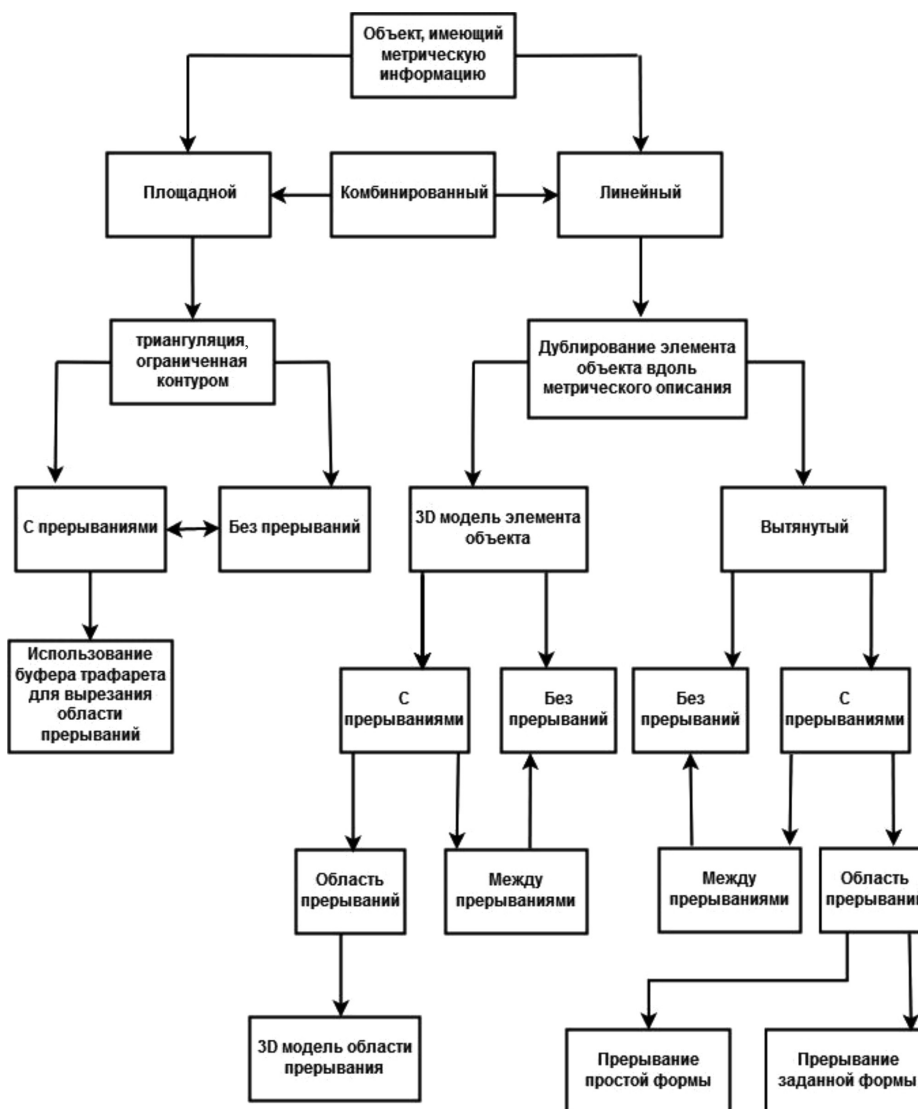


Рис. 2. Способы представления 3D моделей объектов внутренней структуры зданий

Линейные объекты характеризуются некоторой протяженностью. Метрическое описание линейного объекта представляет собой последовательность координат точек осевой линии объекта. 3D модель линейного объекта формируется путем дублирования «элемента объекта» вдоль метрического описания. В качестве «элемента объекта» может выступать готовая 3D модель из базы данных 3D моделей объектов либо сконструированная автоматически 3D модель путем вытягивания текущего отрезка осевой линии на заданную высоту. Примером таких объектов могут выступать трубы (электрические кабели) и стены соответственно.

Линейные объекты могут иметь прерывание другим объектом. В этом случае процесс построения 3D модели разбивается на две части: линейный объект между прерываниями, процесс формирования геометрии которого описывался выше, и непосредственно область прерывания. Область прерывания может быть заданной формы либо простой формы. В первом случае 3D модель области прерывания формируется как площадной объект. Примером такого типа объекта служит арка в стене. Во втором случае форма области прерывания формируется автоматически, как набор линейных объектов. В качестве таких объектов могут выступать, например, стандартные оконные и дверные проемы.

Комбинированные объекты представляют собой составной объект, включающий в себя элементы, относящиеся как

к линейным, так и к площадным объектам. В качестве таких объектов может выступать, например, лестница.

Таким образом, все автоматически генерируемые объекты поэтажного плана разбиваются по классам в зависимости от методов построения их геометрии. Классы представляют собой иерархическую структуру, каждая следующая ступень иерархии является модификацией более общего геометрического построения модели на предыдущей ступени. Для отрисовки добавленного в классификатор объекта достаточно указать, к какому классу этот объект принадлежит.

Текстурирование построенных моделей производится по информации из набора характеристик, описывающих моделируемый объект. Нужная текстура автоматически извлекается из библиотеки стандартных текстур, характеризующих возможные наборы характеристик объектов. Общую схему работы данного принципа можно увидеть на рис. 3.

Заключение

В работе приведены алгоритмы обеспечивающие автоматизацию процесса моделирования объектов внутренней структуры зданий и сооружений по информации, содержащейся в базе данных цифрового поэтажного плана.

Алгоритмы моделирования разных типов объектов объединены в общую иерархическую структуру, позволяющую оптимизировать процесс генерации новых типов объектов.

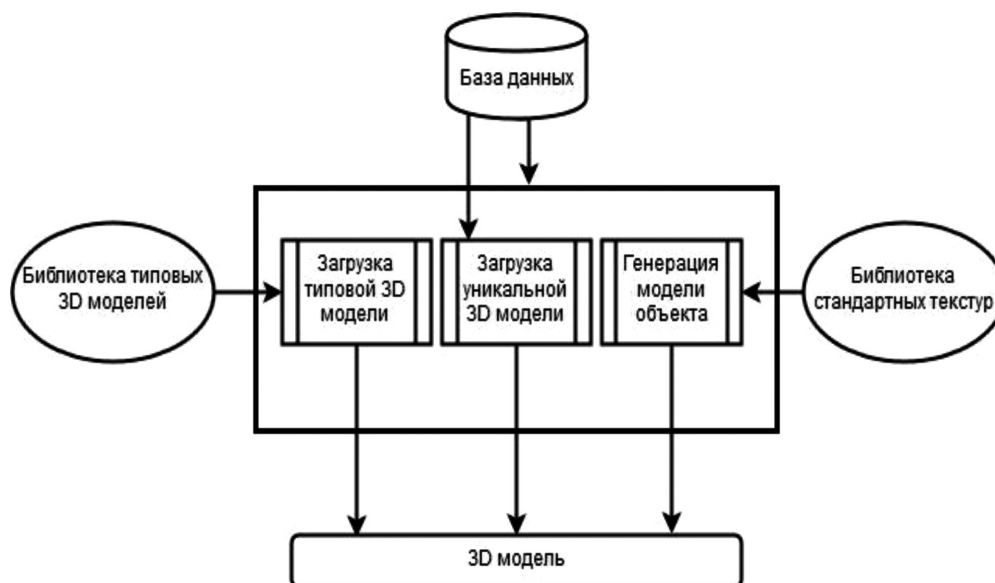


Рис. 3. Общая схема работы алгоритма автоматической генерации 3D модели поэтажного плана

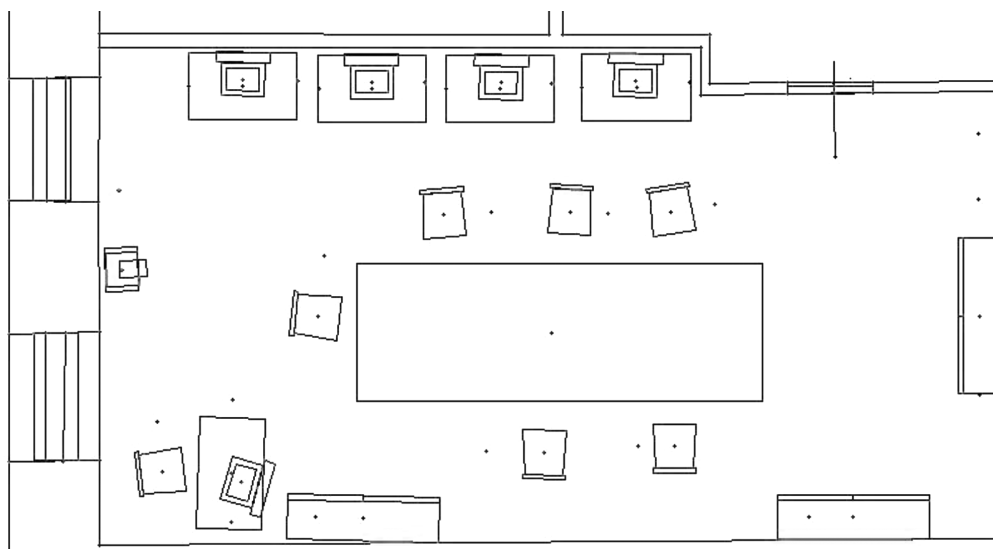


Рис. 4. Векторное изображение цифрового поэтажного плана и 3D модель, сгенерированная на его основе

На рис. 4 изображен фрагмент 3D модели внутренней структуры здания, построенной на основе информации поэтажного плана.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-07-01214 А).

Список литературы

1. Vasin Yu.G., Osipov M.P., Egorov A.A., Yasakov Yu.V. Autonomous Indoor 3D Navigation. *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2015. Vol. 25. No. 3. P. 373–377.
2. Vasin Yu.G., Osipov M.P., Tomchinskaya T.N. Development of Interactive Virtual Models of the Urban Landscape of the Historical Center of Nizhni Novgorod. *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2011. Vol. 21. No. 2. P. 351–353.
3. Helene Macher, Tania Landes, Pierre Grussenmeyer. From Point Clouds to Building Information Models. *3D Semi-Automatic Reconstruction of Indoors of Existing Buildings*, *Applied Science* 2017. Vol. 7. 1030. P. 30.
4. Ruisheng Wang, Lei Xie, Dong Chen. Modeling Indoor Spaces Using Decomposition and Reconstruction of Structural Elements. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2017. Vol. 83. P. 827–841.
5. Lucia Diaz-Vilarino, Kouros Khoshelham, Joaquin Martinez-Sanchez, Pedro Arias. 3D Modeling of Building Indoor Spaces and Closed Doors from Imagery and Point Clouds. *Sensors* 2015. Vol. 15. P. 3491–3512.
6. Enrique Valero, Antonio Adan and Carlos Cerrada. Automatic Construction of 3D Basic-Semantic Models of Inhabited Interiors Using Laser Scanners and RFID Sensors. *Sensors* 2012. Vol. 12. P. 5705–5724.
7. Diana S.S. Santos, Marcio Dionisio, Nuno Rodrigues, Antonio Pereira. Efficient Creation of 3D Models from Buildings' Floor Plans. *International Journal of Interactive Worlds*. 2011. Vol. 2011. Article ID 897069. P. 30.
8. Lucile Gimenez, Sylvain Robert, Frederic Suard, Khalidou Zreik. Automatic reconstruction of 3D building models from scanned 2D floor plans. *Automation in Construction*. 2016. Vol. 63. P. 48–56.
9. Vasin Yu.G., Osipov M.P., Muntyan S.V., Kustov E.A. Procedural Modeling and Interactive 3D Visualization of Objects of the Internal Structure of Buildings and Facilities. *Pattern Recognition and Image Analysis*. 2015. Vol. 25. No. 2. P. 278–280.
10. Vasin Yu.G., Yasakov Yu.V. GIS Terra: A graphic database management system. *Pattern recognition and image analysis*. 2004. Vol. 14. No. 4. P. 579–586.

УДК 691.26-022.532

**СРАВНИТЕЛЬНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ПОВЫШЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА
ВВОДОМ НАНОКРЕМНЕЗЕМА И МИКРОКРЕМНЕЗЕМА****Потапов В.В., Горев Д.С.***Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский,
e-mail: vadim_p@inbox.ru*

В статье приведены результаты испытаний различных видов добавок для бетонов: нанокремнезёма (нанопорошок и золя), полученного на основе гидротермального раствора, и микрокремнезёма. Изучены характеристики добавок: размеры частиц, аморфная структура, концентрация примесей. Выполнены эксперименты по определению прочности бетона (цемент – песок – вода) с добавками нано- и микрокремнезема при сжатии и изгибе. Показана более высокая активность нанокремнезема в форме золя по сравнению с микрокремнеземом. При расходе SiO_2 0,01–0,1 мас. % относительно расхода цемента добавка в виде золя нанокремнезема давала сходный эффект влияния на прочность бетона, как при расходе SiO_2 5,0–10,0 мас. % в виде порошка микрокремнезема. Таким образом, применение золя нанокремнезема имеет более высокую эффективность по сравнению с микрокремнеземом, что обеспечивает снижение оптимальной дозировки нанокремнезема до 50 раз, по сравнению с дозировкой микрокремнезема при сопоставимых значениях роста прочности при сжатии и изгибе. Применение золя нанокремнезема предпочтительнее, так как позволит при производстве бетона и сборного железобетона использовать технологический регламент применения модифицирующих добавок в жидком виде. При применении золя нанокремнезема возможны дополнительные эффекты действия: повышение сульфатостойкости, морозостойкости, стойкости к миграции хлоридов и др.

Ключевые слова: нанокремнезем, микрокремнезем, золя, нанопорошок, прочность бетона**COMPARATIVE RESULTS OF CONCRETE COMPRESSIVE STRENGTH RISING
BY ADDITION OF NANOSILICA AND MICROSILICA****Potapov V.V., Gorev D.S.***Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences,
Petropavlovsk-Kamchatskiy, e-mail: vadim_p@inbox.ru*

Results of trials of different concrete's additions are presented in paper: nanosilica (nanopowder and sol), obtaining from hydrothermal solutions, and microsilica. Characteristics of additions were investigated: particles sizes, amorphous structure, impurities concentrations. Experiments on rising concrete's (cement-sand-water) compressive and bending strength by additions of nanosilica and microsilica were carried out. More high activity of nanosilica in form of sol comparably with microsilica was revealed. At the dose SiO_2 0,01-0,1 mas. % relative cement addition in form of sol gave equal effect on concrete compressive strength rising as microsilica powder at the dose SiO_2 5,0-10,0 mas. %. Thus, application of nanosilica sol is more effective than microsilica and optimal dose of nanosilica in 50 time less than microsilica under the same values of concrete compressive and bending strength rising. Application of nanosilica sol let used technological regulations of modified additions to concrete and building reinforced concrete in liquid form. In case of nanosilica sol application additional effects of risinf sulfate, freeze resistance and resistance to chlorides migration are possible.

Keywords: nanosilica, microsilica, sol, powder, concrete compressive strenght

Диоксид кремния (оксид кремния (IV), кремнезём, SiO_2) – это бесцветные кристаллы, с температурой плавления 1713–1728 °С, обладают высокой твёрдостью и прочностью. В настоящее время кроме природных форм диоксида кремния существует множество синтетических видов. Аморфный (некристаллический) диоксид кремния с высокой удельной поверхностью в природе в чистом виде почти не встречается.

Аморфные кремнеземы, в том числе нанокремнеземы, полученные на основе гидротермальных растворов, находят новые применения в строительной индустрии [1–3].

Представляет интерес применение химически активных наночастиц SiO_2 с высокой удельной поверхностью [3–5] (несколь-

ко сот квадратных метров на 1 г). Интерес представляет сравнение действие в бетонах нано- и микрокремнезема [6].

Микрокремнезем (микросилика) – это ультрадисперсный материал, состоящий из частиц сферической формы, получаемый в процессе газоочистки технологических печей при производстве кремния и ферросилиция. Основным компонентом материала является диоксид кремния аморфной модификации. Микросилика является важнейшим компонентом при производстве различных марок и видов бетона и бетонных изделий. Микросилика придает бетонным изделиям повышенную прочность, химическую стойкость, повышает плотность структуры бетона, водонепроницаемость, а следовательно, и долговечность бетонных изделий.

Целью данной работы было показать более высокую активность нанокремнезема по сравнению с микрокремнеземом в случае применения их в качестве добавки, повышающей прочность бетона. Высокая активность нанокремнезема объясняется в первую очередь меньшим размером и, соответственно, более высокой удельной поверхностью частиц.

Материалы и методы исследования

Золи и порошки нанокремнезема получали на основе гидротермального раствора.

Кроме кремнезема в исходном растворе находятся другие компоненты, концентрации которых приведены в табл. 1.

На стадии поликонденсации температуру варируют в пределах от 20 до 90 °С (предварительным охлаждением в теплообменниках), рН – от 9,2 до 4,0 (подкислением раствора). Диапазон значений концентрации кремнезема в исходном растворе $C_i = 400-800$ мг/кг ($t - total$, общее содержание кремнезема, равное сумме концентраций коллоидной фазы и растворенной кремнекислоты). Концентрированные водные золи кремнезема получали из жидкой фазы гидротермальных растворов 3-ступенчатым ультрафильтрационным мембранным концентрированием: на 1-й ступени содержание SiO_2 в золе повышали от 0,05 до 0,3–0,4 мас. %, на 2-й ступени – до 10 мас. %, на 3-й – до 20–30 мас. % и выше.

Ультрафильтрационный мембранный патрон капиллярного типа имел внутренний диаметр капилляров – 0,8 мм, площадь фильтрующей поверхности – 55 м², параметр минимальной отсекаемой массы частиц (mass weight cut off) MWCO = 50 кДа.

Для получения нанопорошков SiO_2 золи сублимировали на установке УВС-2Л, включающей блоки диспергирования, получения криогранул в сосудах Дьюара, вакуумной камеры и десублиматора. Перед сублимацией в вакуумной камере золи кремнезема диспергировали с помощью форсунки, капли отверждали в жидком азоте при температуре 77 К и получали криогранулы. После диспергирования размер капель золя составлял 30–100 мкм, что соответствует размеру сублимированных криогранул на изображениях, полученных сканирующей электронной микроскопией. Вакуумная сублимация проходила при давлениях 0,02–0,05 мм. рт. ст. без фрагментов капельной влаги и слипания частиц. Для ускорения сублимации использовался нагрев: диапазон температур поверхностей нагрева в разных частях вакуумной камеры по мере нагрева в ходе сублимации был от –80 до +25 °С.

Золь, применявшийся в экспериментах с бетонами, получен в технологическом режиме «глубокая вода» при температуре старения гидротермального раствора 70 °С. Продолжительность старения, в ходе которого проходили поликонденсация ортокремниевой кислоты и рост частиц SiO_2 , составляла 10–24 ч.

Определение распределения частиц порошков кремнезема по размерам производилось на приборе Analysette 22. Для качественного и количественного анализа размеров частиц менее 0,3 мкм в золях кремнезема было проведено исследование образцов на приборе ZetaPlus.

Для оценки степени кристалличности проб порошков нанокремнезема и микрокремнезема проводили качественный и количественный рентгенофазовый анализ с регистрацией дифрактограмм на дифрактометре ARL X'tra (Швейцария).

Исследование структуры образцов и определение их химического состава производилось на сканирующем микроскопе Quanta 200 с приставкой для элементного анализа Apollo 40.

Изготовление образцов и определение прочности при сжатии и при изгибе экспериментальных образцов мелкозернистого бетона проводили в соответствии с ГОСТ 31357-2007 в возрасте 28 сут.

Для изготовления образцов использовались:

- смеситель по ГОСТ 31356-2007 для приготовления мелкозернистого бетона;
- ультразвуковая мешалка Sonics Vibra Cell для приготовления водных суспензий нанокремнезема и микрокремнезема;
- формы для изготовления образцов-балочек из мелкозернистого бетона размерами 40x40x160 мм.

Приготовление смеси производилось по ГОСТ 31356-2007. Смесь готовили в смесителе в следующей последовательности:

- перемешивание в течение 120 с;
- остановка смесителя для снятия налипшей на стенки смесителя смеси в течение 90 с;
- перемешивание в течение 60 с.

Непосредственно перед изготовлением образцов внутреннюю поверхность стенок форм и поддона смазывали слегка машинным маслом.

Полученной смесью форма заполняется приблизительно на 50 %, после чего производится штыковка. Затем форма заполняется полностью и смесь снова штыкуется.

Затем форма помещается на встряхивающий столик, на котором производится 30 встряхиваний для уплотнения полученной смеси.

Количество экспериментальных образцов 3 для каждой экспериментальной рецептуры, табл. 2, а–в.

При проведении эксперимента принимали следующие дозировки порошка нанокремнезема (значения указаны в % от расхода цемента): 0,001; 0,01; 0,1; 1; 5; 10.

Порошок нанокремнезема при дозировках 0,001 %, 0,01 %, 0,1 %, 1 %, вводили в виде водной суспензии. Для приготовления суспензии использовали ультразвуковую мешалку Sonics Vibra Cell. Режим смешивания подбирали, исходя из обеспечения однородности и стабильности суспензии.

При дозировках 5 %, 10 % порошок нанокремнезема вводили в сухую смесь с последующим перемешиванием в лопастном смесителе.

Таблица 1

Концентрация основных компонентов исходного гидротермального раствора, рН = 9,2

Компонент	Na ⁺	K ⁺	Li ⁺	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Fe ^{2+,3+}	Al ³⁺	Cl ⁻	SiO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	H ₃ BO ₃	SiO ₂
Концентрация, мг/дм ³	282	48,1	1,5	2,8	4,7	<0,1	<0,1	251,8	220,9	45,2	61,8	91,8	780

Таблица 2 а

Экспериментальная рецептура контрольного состава мелкозернистого бетона

Компонент	Дозировка, %
Портландцемент ПЦ М500ДО Н (ОАО «Вольскцемент»)	25
Песок ПБ 150-1 (ЗАО «Сибелко Рус»)	75
Вода	20

Таблица 2 б

Экспериментальный состав мелкозернистого бетона с нанокремнеземом

Компонент	Дозировка, %
Портландцемент ПЦ М500ДО Н (ОАО «Вольскцемент»)	25
Песок ПБ 150-1 (ЗАО «Сибелко Рус»)	75
Нанокремнезем (ООО «НПФ Наносилика»)	0–2,5
Вода	20

Таблица 2 в

Экспериментальный состав мелкозернистого бетона с микрокремнеземом

Компонент	Дозировка, %
Портландцемент ПЦ М500ДО Н (ОАО «Вольскцемент»)	25
Песок ПБ 150-1 (ЗАО «Сибелко Рус»)	75
Микрокремнезем (компания «ELKEM»)	0–2,5
Вода	20

Дозировки микрокремнезёма (производство фирмы Perkin Elmer) были приняты следующими (значения указаны в % от расхода цемента): 0,1; 1; 3; 5; 8; 10. Микрокремнезем при дозировках 0,1 %, 1 %, вводили в виде водной суспензии. Для приготовления суспензии использовали ультразвуковую мешалку Sonics Vibra Cell. Режим смешения аналогичен режиму приготовления порошка нанокремнезёма.

При дозировках 3, 5, 8, 10% микрокремнезем вводили в сухую смесь с последующим перемешиванием в лопастном смесителе.

При проведении эксперимента приняты следующие дозировки золя нанокремнезема (значения указаны в % от расхода цемента в пересчете на сухое вещество SiO_2): 0,01; 0,1. При этом учитывали плотность образца золя – 1160 г/дм³, и содержание SiO_2 в золе – 260 г/дм³. Золь нанокремнезема вводили с водой затворения, вычитая при этом из объема воды затворения соответствующий объем золя.

Испытание по определению прочности образцов при сжатии и растяжении проводили на универсальном сервогидравлическом устройстве Controls Advantest 9. Устройство представляет собой сервогидравлическую систему для статических и низкочастотных динамических испытаний строительных материалов и предназначено для традиционных испытаний, таких как определение прочности на сжатие и растяжение при изгибе образцов бетона, цемента, строительного раствора и т.п., циклических испытаний по определению модуля упругости (E), а также для расширенных испытаний по определению механических свойств материалов. Controls Advantest 9 состоит из компьютеризированного пульта управления для управления работой рам, а также 4 различных гидравлических рам.

Для каждой партии экспериментальных образцов произведены испытания 3 образцов на изгиб, полу-

ченные после испытания на изгиб шесть половинок балочек испытывались на сжатие. В соответствии с ГОСТ 310.4-81 значения прочности на растяжение при изгибе вычислены как среднее арифметическое значений двух наибольших результатов испытания трех образцов, значения прочности на сжатие вычислены как среднее арифметическое значение четырех наибольших результатов испытания 6 образцов.

Результаты исследования и их обсуждение

Гистограмма распределения частиц SiO_2 по размерам в золе показала, что для образца золя минимальный размер частиц составил 44,7 нм. Среднее значение диаметра частиц 88,6 нм, на частицы с диаметрами 44,7–100 нм приходится 60–65 % всей массы кремнезема (прибор Zeta-Sizer).

Из гистограммы распределения частиц по размерам следует, что для образца микрокремнезема минимальный размер частиц составил 114,2 нм. Среднее значение диаметра частиц 261,12 нм.

Для образца нанокремнезёма максимальный размер агломератов частиц составил 120 мкм. Из гистограммы распределения частиц по размерам следует, что основная масса частиц представлена фракцией с размерами 20–50 мкм. Для образца микрокремнезёма максимальный размер частиц – 20 мкм. Из гистограммы распределения частиц по размерам следует, что основная масса частиц представлена фракцией с размерами 2–10 мкм (прибор Analysette 22).

Количество стеклофазы, обнаруженной в порошке нанокремнезема, было на уровне 1,3 мас. % (сульфид кальция CaS), в порошке микрокремнезема – 3,2 мас. % (α -кварца SiO₂ гематит Fe₂O₃) (дифрактометр ARL X'tra).

Электронномикроскопический анализ показывает наличие ярко выраженной агломерации частиц нанокремнезема, размеры агломератов от 5 до 100 мкм. Агломераты имеют плотную однородную структуру.

По результатам химического анализа установлено: содержание SiO₂ в нанокремнеземе составляет 94,59%, наличие примесей в виде соединений, содержащих Na, Al, Si, S, Cl, Ca, не превышает 6%.

Результаты электронномикроскопического анализа микрокремнезема показали наличие шарообразных частиц микрокремнезема с размерами от 0,3 до 10 мкм, и наличие агломератов с рыхлой структурой.

По результатам химического анализа установлено: содержание SiO₂ в микрокремнеземе составляет 84,12%, наличие примесей в виде соединений, содержащих Na, Mg, Al, K, S, Cl, Ca, Fe, Zn, до 16% (сканирующий микроскоп Quanta 200).

Испытание по определению прочности образцов при сжатии и растяжении проводили на универсальном сервогидравлическом устройстве Controls Advantest 9.

Результаты испытаний образцов с добавлением порошка нанокремнезема приведены в табл. 3. При дозировках от 0,01% до 1% наблюдается рост прочности на сжатие и на растяжение при изгибе, при дозировках

выше 1% наблюдается снижение прочностных показателей.

Результаты испытаний образцов с добавлением микрокремнезема приведены в табл. 4. При дозировках от 0,1% до 5% наблюдается рост прочности на растяжение при изгибе, при дозировках выше 5% наблюдается снижение данного показателя. Рост прочности на сжатие по сравнению с контрольным образцом наблюдается с дозировки 0,1% и до 6% носит монотонный характер при дозировке микрокремнезема от 7% до 10% отмечается рост показателя прочности на сжатие.

Результаты испытаний образцов с добавлением золя нанокремнезема приведены в табл. 5. При дозировках от 0,01% до 0,1% золь нанокремнезема наблюдается рост прочности при сжатии и изгибе.

Выводы

1. Применение в мелкозернистых бетонах золя нанокремнезема превышает эффективность микрокремнезема, что обеспечивает снижение оптимальной дозировки нанокремнезема до 50 раз, по сравнению с оптимальной дозировкой микрокремнезема при сопоставимых значениях роста прочности при сжатии и изгибе.

2. Применение золя нанокремнезема предпочтительнее, так как позволит при производстве товарного бетона и сборного железобетона использовать типовой технологический регламент применения модифицирующих добавок в жидком виде.

Таблица 3

Результаты испытания образцов с добавлением нанокремнезема

Образец	Контрольный	Нанокремнезем					
		0,001	0,01	0,1	1	5	10
% добавки	0	0,001	0,01	0,1	1	5	10
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	2,69	2,67	2,88	2,94	3,01	2,95	2,78
Прочность на сжатие, МПа	12,53	12,29	12,61	13,08	13,45	12,81	11,97

Таблица 4

Результаты испытания образцов с добавлением микрокремнезема

Образец	Контрольный	Микрокремнезем					
		0,1	1	3	5	8	10
% добавки	0	0,1	1	3	5	8	10
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	2,69	2,97	3,13	3,25	3,27	3,12	3,02
Прочность на сжатие, МПа	12,53	14,30	14,23	13,76	14,01	15,45	16,41

Таблица 5

Результаты испытания образцов с добавлением золя нанокремнезема

Образец	Контрольный	Золь нанокремнезема	
		0,01	0,1
% добавки	0	0,01	0,1
Прочность на растяжении при изгибе, МПа	2,69	3,23	2,93
Прочность при сжатии, МПа	12,53	14,38	15,27

3. При применении золя нанокремнезема наряду с увеличением прочностных показателей возможны дополнительные эффекты действия (повышение сульфатостойкости, морозостойкости, стойкости к миграции хлоридов и т.д.) для определения величин данных следует провести дополнительные исследования.

4. Для повышения эффективности применения нанокремнезема в виде порошка следует исключить агломерацию частиц нанокремнезема при его производстве, что может быть достигнуто путем оптимизации или изменения технологического режима вакуумной сублимации и технологии ввода нанокремнезема в бетонную смесь.

Список литературы

1. Лесовик В.С., Потапов В.В., Алфимова Н.И. Повышение эффективности вяжущих за счет использования наномодификаторов // Строительные материалы. 2011. № 6. С. 12–18.
2. Потапов В.В., Туманов А.В., Закуражнов М.С. и др. Повышение прочности бетона за счет ввода наночастиц SiO_2 // Физика и химия стекла. 2013. Т. 39. № 4. С. 611–617.
3. Sobolev K., Ferrada Gutierrez M. How Nanotechnology Can Change the Concrete World. American Ceramic Society Bulletin. 2005. № 10. P. 14–19.
4. Рыжонков Д.И. Наноматериалы. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. 365 с.
5. Минько Н.И., Строкова В.В., Жерновский И.В., Нарцев В.М. Методы получения и свойства нанобъектов. Белгород: Изд-во Флинта, 2009. 168 с.
6. Сергеев Г.Б. Нанохимия: учеб. пособие. 3-е изд. М.: Книжный дом Университет (КДУ), 2009. 336 с.

УДК 621.95.01

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ВИБРАЦИОННОГО СВЕРЛЕНИЯ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА КИНЕМАТИЧЕСКИХ СХЕМ С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТАНОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**¹Разумов М.С., ²Гатиев М.Ш., ¹Гладышкин А.О., ¹Дрынова О.И.,
¹Скрипкина Е.В., ¹Панин А.А., ¹Смирнова А.Н.**¹*Юго-Западный государственный университет, Курск, e-mail: mika_1984_@mail.ru;*²*Ингушский государственный университет, Назрань, e-mail: guvho@mail.ru*

В работе подробно рассмотрен анализ кинематических схем резания с учетом технологического оборудования при вибрационном сверлении. Применение вибрации при резании может изменить: характер процесса, превращая его из непрерывного в прерывистый. Периодический выход режущего клина инструмента из обрабатываемого металла меняет геометрию элементов срезаемого слоя, при этом меняется характер обработки путем воздействия на процесс стружкообразования, что повышает эффективность данного процесса. Также в работе были рассмотрены кинематические схемы сверления с наложением вибраций и проведен анализ существующих конструкций позволяющих производить процесс вибрационного сверления. Были выделены рациональные схемы реализации вибрационного сверления. Проведен анализ схем вибрационного резания. Выявлены три предпочитаемых схемы резания, которые в наибольшей степени подходят для токарных станков и станков сверлильной и фрезерной группы. Данный анализ позволил разработать новый способ вибрационного сверления, состоящий из вибропривода и с автоматической системой управления, которая синхронизирует частоту вращения двигателя вибропривода и частоту вибраций, усилие вибраций регулируется массой асимметричного груза на валу данного двигателя. Предложенный способ отличается от рассмотренных более высокими эксплуатационными характеристиками, что в свою очередь повысит долговечность оборудования и производительность процесса.

Ключевые слова: вибрационное сверление, кинематическая схема, технологическая оснастка, резание, планирование эксперимента

DEVELOPMENT OF A METHOD OF VIBRATION DRILLING BASED ON THE ANALYSIS OF THE KINEMATIC SCHEMES WITH THE ACCOUNT OF OPERATING CHARACTERISTICS OF MACHINE EQUIPMENT**¹Razumov M.S., ²Gatiev M.Sh., ¹Gladyshev A.O., ¹Drynova O.I., ¹Skripkina E.V.,
¹Panin A.A., ¹Smirnova A.N.**¹*Southwest State University, Kursk, e-mail: mika_1984_@mail.ru;*²*Ingush State University, Nazran, e-mail: guvho@mail.ru*

The paper discussed in detail the analysis of kinematic cutting schemes in view of technological equipment in vibration drilling vibration. Application of vibration during cutting can change: the nature of the process, turning it from continuous to intermittent. The periodic output of the cutting wedge of the tool from the processed metal changes the geometry of the elements of the cut layer, and the character of the treatment changes by affecting the chip formation process, which increases the efficiency of this process. Also in the work were considered kinematic drilling schemes with imposing vibrations and an analysis of existing structures allowing to produce a process of vibration drilling. Rational schemes for the implementation of vibration drilling were singled out. The analysis of vibration cutting schemes is carried out. Three preferred cutting schemes have been identified, which are most suitable for turning machines and drilling and milling group machines. This analysis allowed to develop a new method of vibration drilling consisting of a vibration drive and an automatic control system that synchronizes the speed of the vibration motor drive and the frequency of vibrations, the vibration force is regulated by the mass of the asymmetrical load on the shaft of this engine. The proposed method differs from those considered by higher performance characteristics, which in turn will increase the equipment longevity and process productivity.

Keywords: drilling vibration, kinematics, tooling, cutting, design of experiments

При вибрационном сверлении сверлу или обрабатываемой детали сообщается возвратно-поступательное движение в направлении подачи. При этом образование сливной стружки становится невозможным даже при сверлении вязких материалов, так как во время одного оборота сверла стружка несколько раз обрывается. Дробление стружки зависит от соотношения частоты вращения сверла и частоты вибрации. Таким образом, для реализация процесса вибрационного сверления требуется дви-

жение подачи, осуществление вибрации и движение вращения. Данные виды движения могут передаваться как инструменту, так и заготовке [1].

Цель исследования: провести анализ существующих конструкций, позволяющих производить процесс вибрационного сверления. Разработать способ вибрационного сверления, позволяющий реализовать рациональные схемы. Разработать конструктивную схему устройства для осуществления процесса вибрационного сверления.

Материалы и методы исследования

Для анализа существующих методов вибрационного сверления составим матрицу 2^6 (таблица).

В таблице плюсом отмечен параметр, который реализован в данной схеме, а знак минус означает, что параметр не активен. Таким образом, для реализации процесса сверления необходимо, чтобы в схеме плюсом были обозначены вращение, подача и вибрация заготовки или инструмента.

Проанализировав результаты таблицы, можно схемы разделить на три категории:

1. Процесс вибрационного резания не происходит, так как отсутствует как минимум один из параметров и у заготовки и у инструмента. Данные позиции отмечены номерами 10, 12, 14, 16, 19, 20, 23, 24, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 37, 38, 39, 40, 42, 44, 45, 46, 47, 48, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 58, 59, 60, 61, 62, 63, 64 (в таблице не представлены).

2. Процесс вибрационного резания происходит, однако один или более параметров активны как у заготовки, так и у инструмента, что снижает технологичность процесса резания. Данные позиции отмечены номерами 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 13, 17, 18, 21, 25, 33, 34, 35, 41, 49.

3. Процесс вибрационного резания происходит, параметры подача, вращение и вибрация присущи одному из элементов системы заготовке или инструменту, что благоприятно сказывается на технологичности детали. Данные позиции отмечены номерами 8, 15, 22, 29, 36, 43, 50, 57.

Рассмотрим более подробно схемы, которые представлены в пункте 3 (рис. 1).

На рис. 1, а, представлена схема 8. В этой схеме вращение, подача и вибрация осуществляется за счет перемещения заготовки. Это нетехнологично вследствие того, что на станках токарной группы затруднительно обеспечить подачу шпинделя, а на станках сверлильной и фрезерных групп закрепить заготовку в шпинделе станка, так как это в свою очередь негативно скажется на технологичности, точности и долговечности оборудования. Схема, представленная на рис. 1, б, имеет аналогичный недостаток присущий предыдущей схеме. На рис. 1, в, представлена схема, характеризующаяся тем, что вращение и вибрация передаются заготовке, а подача осуществляется инструментом. Применение данной схемы возможно на станках токарной группы, с применением приспособлений, обеспечивающих вращение с наложением вибраций, однако применение данной схемы предполагает установку заготовки в данное приспособление, что снижает диапазон распространения данного способа [2, 3].

Также в конструкции шпинделя для обеспечения вращения используются подшипники или другие конструктивные элементы, позволяющие получать необходимую точность и жесткость оборудования, а наложение вибраций на данные конструктивные элементы будет нести негативный характер и приведет к изнашиванию данных элементов и преждевременному выходу из строя технологического оборудования.

Матрица 2^6

№	Вращение заготовки	Подача заготовки	Вибрация Заготовки	Вращение инструмента	Подача инструмента	Вибрация Инструмента
1	+	+	+	+	+	+
2	+	+	+	+	+	-
3	+	+	+	+	-	+
4	+	+	+	+	-	-
5	+	+	+	-	+	+
6	+	+	+	-	+	-
7	+	+	+	-	-	+
8	+	+	+	-	-	-
9	+	+	-	+	+	+
11	+	+	-	+	-	+
13	+	+	-	-	+	+
15	+	+	-	-	-	+
17	+	-	+	+	+	+
18	+	-	+	+	+	-
21	+	-	+	-	+	+
22	+	-	+	-	+	-
25	+	-	-	+	+	+
29	+	-	-	-	+	+
33	-	+	+	+	+	+
34	-	+	+	+	+	-
35	-	+	+	+	-	+
36	-	+	+	+	-	-
41	-	+	-	+	+	+
43	-	+	-	+	-	+
49	-	-	+	+	+	+
50	-	-	+	+	+	-

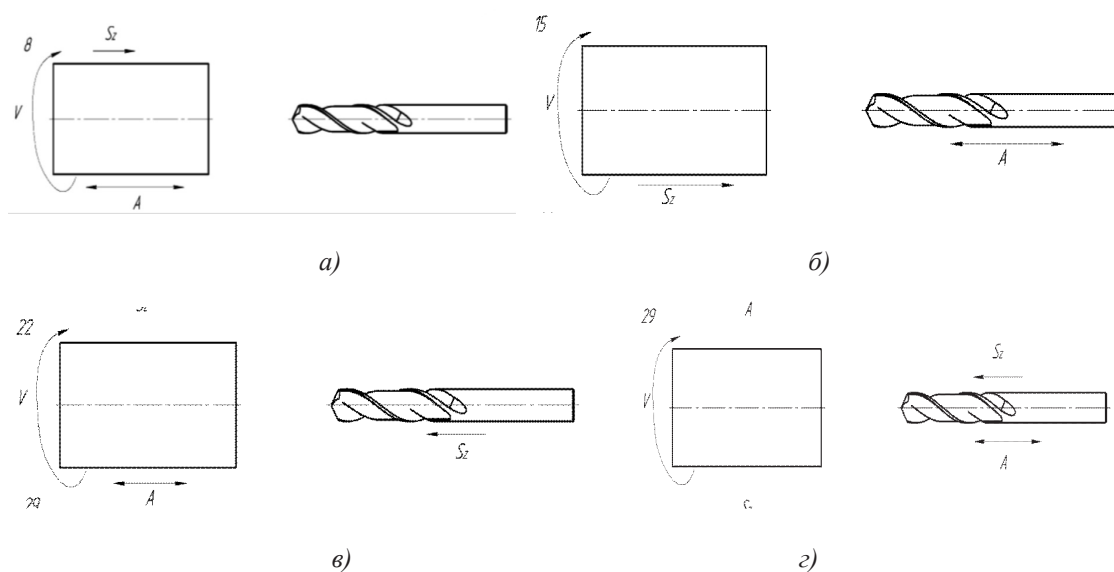


Рис. 1. Схемы вибрационного резания (A – вибрации, S_z – подача, V – вращение):
а) схема 8; б) схема 15; в) схема 22; г) схема 29

Схема по таблице с номером 29 (рис. 1, г) обеспечивается при вращении заготовки, а подача и вибрации осуществляются инструментом. Такая схема является наиболее выгодной для применения на станках токарной группы, кинематическая схема станка данной группы в классическом понимании процесса, однако встречаются решения и на другом технологическом оборудовании.

Результаты исследования и их обсуждение

Примером вышеуказанного вида обработки может являться разработка Тольяттинского государственного университета, где вибрационная обработка происходит за счет применения в конструкции устройства резонатора комплексных колебаний волнового преобразователя) – упругого элемента. Преобразующее энергию процесса резания в комплексные крутильно-продольные колебания режущего инструмента, характеризующиеся определенной частотой и амплитудой. Изменение вылета резонатора – длины консольной части – обеспечивает возможность регулировки амплитуд и частот вибраций инструмента при обработке в некоторых пределах и, следовательно, возможность оптимизации операции механической обработки по критериям точности, производительности, стойкости инструмента и т.д. Регулировка достигается за счет изменения рабочей длины волновода, т.е. изменения длины паза до «сплошного сечения». Для создания «сплошного сечения» предлагается использовать два конических штифта, которые с «натягом» вывалются, а паз в рабочем состоянии сверильной го-

ловки и располагается в нем с зазором в состоянии регулировки рабочей длины волновода [4, 5].

Еще одним примером подобного оборудования является следующее устройство, представляющее собой сложную конструкцию электродинамического вибровозбудителя, а именно электрическая схема подключения катушек, а также передача вибраций на шпиндель станка, приводящая к сокращению ресурса станочного оборудования, увеличивает себестоимость обработки. Применение вибрационного оборудования на основе постоянных магнитов позволит значительно снизить его себестоимость [6].

В течение последних лет свойства постоянных магнитов заметным образом изменились. На практике это означает, что неодимовый магнит, небольшого размера, способен создавать механические усилия, которые вполне соответствуют усилиям, характерным для обычных машин и механизмов, т.е. – десятки и сотни килограммов [6].

Спроектированное устройство для вибрационного сверления содержит корпус и крышку корпуса, в которых посредством подшипников закреплен входной вал. Вращение с входного вала посредством гибкой связи передается на выходной вал, на котором расположены магниты. При вращении выходного вала магниты взаимодействуют с расположенными в магнитных корпусах магнитами, установленными таким образом, чтобы соблюдалась обратная полярность относительно магнитов, рас-

положенных в выходном валу. В процессе взаимодействия создаются вибрации, частота которых определяется количеством магнитов в выходном валу и магнитов в магнитных корпусах [6].

Усилие вибрации регулируется расстоянием между магнитами выходного вала и магнитами, расположенными в корпусах магнитов, регулирующимися посредством резьбы на корпусе и крышке корпуса устройство для вибрационного сверления, и магнитных корпусах. Амплитуда вибрации ограничивается регулировочной гайкой, в которой находится подшипник с возможностью осевого перемещения и между регулировочной гайкой и выходным валом находятся упорные подшипники, между которыми находятся пружины для гашения ударов между выходным валом и регулировочной гайкой [6].

Амплитуда вибрации ограничивается регулировочной гайкой, в которой находится подшипник с возможностью осевого перемещения и между регулировочной гайкой и выходным валом находятся упорные подшипники, между которыми находятся пружины для гашения ударов между выходным валом и регулировочной гайкой [6–8].

Сверление глубоких отверстий вызывает в производственных условиях особые затруднения; значительную рационализацию операций глубокого сверления получают при использовании метода вибрационного резания с заданием вынужденных колеба-

ний в осевом направлении [9]. В МВТУ им. Баумана разработана промышленная конструкция станка для сверления глубоких отверстий в труднообрабатываемых материалах. Станок выполнен по схеме горизонтального сверления. Деталь вращается в патроне шпинделя, а сверло закреплено в суппорте на штоке механогидравлического вибросуппорта [9]. Таким образом, оно имеет равномерное движение подачи и вибрирует. Обработку проводят сверлами для глубокого сверления одностороннего резания с внутренним подводом жидкости и наружным отводом стружки, оснащенными пластинкой твердого сплава ВК8; материал корпуса сверла Р9, Р18 или У8А. Применение метода вибрационного резания в сочетании с использованием твердосплавного инструмента и подачи СОЖ под высоким давлением непосредственно в зону резания позволяет повысить производительность на операции сверления отверстий диаметром 4,5 мм в сплаве ЭИ827 на глубину 35 мм в 4–5 раз и резко сократить расход инструмента [9].

При реализации данной схемы вращение передается заготовке, подача осуществляется инструментом, как и в классическом случае, обработке, а вибрации накладываются на инструмент, что не приводит к негативным последствиям от вибраций на вращающиеся узлы и механизмы оборудования. В связи с чем обусловлено такое многообразие решений данной технологической задачи.

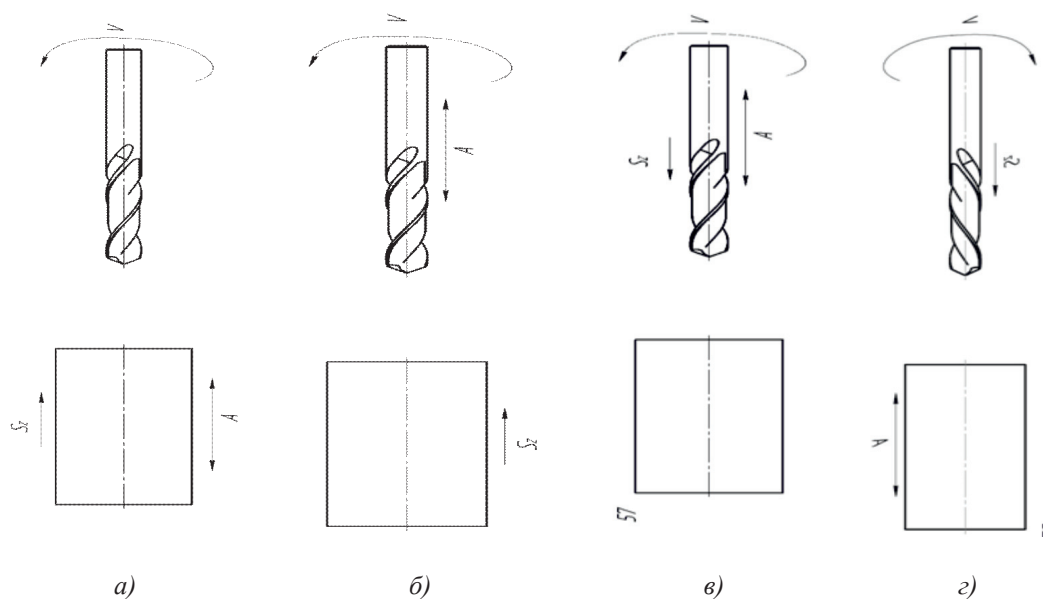


Рис. 2. Схемы вибрационного резания (A – вибрации, S_z – подача, V – вращение):
а) схема 36; б) схема 43; в) схема 57; г) схема 50

Схема 36 (рис. 2, а) применима на станках сверлильных и фрезерных группах, в которых подача реализуется перемещением стола станка. Данная схема отличается тем, что подача и вибрации образуются перемещением заготовки, а вращение осуществляется инструментом. Все это, как и в предыдущем случае, благоприятно сказывается на стойкости и долговечности оборудования. Это обеспечивается тем, что вибрации не передаются на вращающиеся детали станка, вибропривод располагается на столе станка, который выполнен таким образом, чтобы гасить динамические нагрузки, вызываемые при обработке. Вследствие вышесказанного данная схема является наиболее технологичной и реализация процесса вибро-сверления по такой схеме с минимальной степенью скажется на долговечности технологического оборудования.

Схема под номером 43 может быть реализована на станках сверлильной и фрезерной групп кинематическими схемами, подразумевающими перемещение стола станка рис. 7 с применением специальных приспособлений. Пример такого устройства разработан в Юго-Западном государственном университете. Однако здесь мы опять наблюдаем наложение вибраций на вращающиеся узлы станка.

Устройство для вибрационного сверления содержит корпус, внутри которого установлены вал-шпиндель, упругие держатели, электродинамический вибро-возбудитель, который состоит из двух катушек индуктивности. Электродинамический вибро-возбудитель имеет кинематическую связь с валом-шпинделем через радиально-упорный подшипник. Вал-шпиндель связан со шпинделем станка через передаточный механизм планетарного типа. Для придания дополнительной жесткости устройству вибрационного сверления в процессе обработки и возможности равномерного вращения, на вал-шпиндель устанавливаются радиально-упорные подшипники, помещенные в корпус. Перемещение в осевом направлении производится по бронзовым втулкам.

Предлагаемое устройство работает следующим образом. Вращательное движение на вал-шпиндель с инструментом передается от шпинделя станка посредством передаточного механизма планетарного типа. Передача дополнительного вертикального возвратно-поступательного осевого движения, с заданным усилием и амплитудой на вал-шпиндель с инструментом, осуществляется под воздействием электродинамического вибро-возбудителя [10].

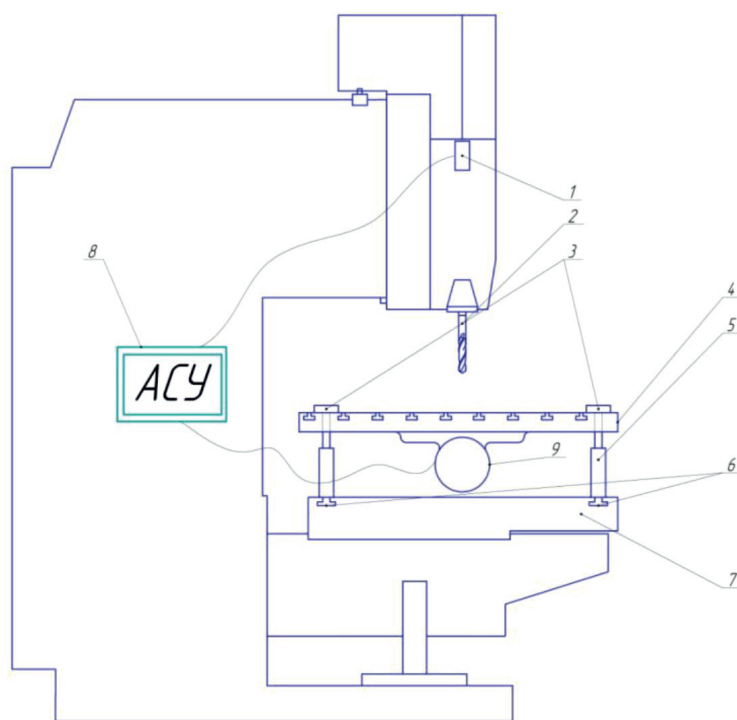


Рис. 3. Схема вибропривода на фрезерном станке: 1 – датчик скорости шпинделя, 2 – инструмент, 3 – регулировочные болты, 4 – вибростол, 5 – втулки, 6 – крепежные болты, 7 – стол станка, 8 – автоматическая система управления, 9 – вибропривод

Аналогичную ситуацию мы наблюдаем при вибрационном сверлении в таблице под номером 57 (рис. 2, в) представленной выше таблицы, так же как и предыдущая схема может реализовываться посредством приспособлений на станках сверлильной и фрезерных групп. Схема, обозначенная позицией 50 (рис. 2, г), применима на станках сверлильных и фрезерных групп, в которых подача реализуется перемещением шпинделя станка, но отличается тем, что вибрации накладываются на деталь, которая в данном случае не имеет вращения.

Исходя из анализа предложенных схем, была разработана конструкция вибропривода, приведенная на рис. 3.

Данное устройство работает следующим образом, на столе станка 7 закреплены втулки, имеющие резьбу посредством которой и регулировочных болтов 3 закреплен вибростол 4 с возможностью посредством регулировочных болтов 4 изменять амплитуду. Внизу вибростола расположен вибропривод, состоящий из двигателя и асимметричного груза. Вибропривод в свою очередь соединен с автоматической системой управления, которая посредством датчика скорости 1 считывает скорость шпинделя и настраивает частоту вращения двигателя вибропривода и, соответственно, частоту вибраций, усиление вибраций регулируется массой асимметричного груза на валу данного двигателя.

Заключение

Был проведен анализ существующих конструкций, позволяющих производить процесс вибрационного сверления. В процессе анализа были рассмотрены все возможные схемы резания с наложением вибраций, были выявлены наиболее рациональные для таких групп станков, как токарные, фрезерные, сверлильные с подвижным шпинделем или с подвижным столом, с точки зрения технологичности, и рационального использования станочного оборудования. Был предложен способ

вибрационного сверления, позволяющий реализовать рациональные схемы, разработанная конструктивная схема устройств для осуществления процесса вибрационного сверления.

Работа выполнена в рамках финансирования Стипендии Президента Российской Федерации молодым ученым и аспирантам, осуществляющим перспективные научные исследования и разработки по приоритетным направлениям модернизации российской экономики, на 2018–2020 годы СП-591.2018.1.

Список литературы

1. Кумабэ Д. Вибрационное резание / Пер. с яп. С.Л. Масленникова, под ред. И.И. Портнова, В.В. Белова. М.: Машиностроение, 1985. 424 с.
2. Барботько А.И. Масленников А.В. Резание материалов: учебное пособие. Старый Оскол: Тонкие наукоемкие технологии (ТНТ), 2009. 576 с.
3. Воронов С.А., Гуськов А.М., Иванов И.И., Барышева Д.В., Киселёв И.А. Существующие методы обеспечения низкочастотных вибраций инструмента с целью дробления стружки при сверлении глубоких отверстий // Наука и образование: научное издание МГТУ им. Н.Э. Баумана. 2014. № 12. С. 842–857.
4. Драчев О.И., Расторгуев Д.А., Салабаев Д.Е. Повышение эффективности вибрационной обработки глубоких отверстий // Металлообработка. 2006. № 2. С. 2–5.
5. Пат. № 2169058 РФ, МПКВ23 В 29103. Устройство для обработки глубоких отверстий / О.И. Драчев, Д.А. Расторгуев, О.В. Бойченко. № 99127545/02; заявл. 22.12.99; опубл. 20.06.01, Бюл. № 17.
6. Сидорова В.В., Разумов М.С. Устройство для вибрационного сверления // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии 2014. № 4 (306). С. 51–54.
7. Емельянов С.Г., Разумов М.С., Гречухин А.Н., Сидорова В.В. Выявление эмпирических зависимостей конструктивных параметров устройства для наложения вибраций на осевое усилие при сверлении отверстий малого диаметра // Фундаментальные исследования. 2015. № 10–3. С. 484–488.
8. Razumov M.S., Sidorova V.V., Grechukhin A.N. Automated control of process conditions during drilling with imposition of vibrations. Metallurgical and Mining Industry. 2014. № 5. P. 20–24.
9. Антипина Е.С. Износостойкость режущего инструмента при сверлении минералов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01. Москва, 2005. 20 с.
10. Масленников А.В. Технология сверления глубоких отверстий малого диаметра с наложением высокочастотных осевых колебаний: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.03.01. Курск, 2008. 20 с.

УДК 721.01

ПОДПОРНЫЕ СТЕНЫ КАК ОБЪЕКТ МОНУМЕНТАЛЬНОГО ИСКУССТВА В ГОРОДСКОЙ СРЕДЕ

Серебряков С.А., Обертас О.Г., Петухов В.В., Чернявина Л.А.

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток, e-mail: Olga.Obiertas@mail.ru

Настоящая статья посвящена вопросам создания подпорных стен как объектов монументально-декоративного искусства, которые в значительной степени позволяют обогатить городскую среду Владивостока и обеспечить им долговечность, сопоставимую со сроками службы архитектурных сооружений. Значительные объемы подпорных стен активно вовлекаются в общее восприятие городской среды. Эта среда испокон века отмечена использованием долговечных материалов, обеспечивающих её монументальность. Анализ современных примеров создания подпорных стен в отечественной и зарубежной практике позволяет классифицировать набор приёмов, которые обеспечивают создание подпорных стен как объектов монументального искусства, решая при этом как вопросы их долговечности, так и художественно-эстетической привлекательности. Дана оценка массового характера использования технологии росписи подпорных стен, использующейся даже на фактурной поверхности. Объём этой деятельности становится таким массовым, что город теряет монументальность. Приведены примеры использования инновационных технологий композиционной организации поверхностей подпорных стен, применённые при декоративном обогащении подпорных стен кампуса ВГУЭС, выполненном студентами-дизайнерами в процессе производственной практики. Они дают широкие возможности варьирования пластических решений фактуры подпорных стен, обеспечивая повышение эстетического уровня в целом городской среды. Проведённые исследования позволяют считать монументально-декоративные технологии единственно возможными при выходе на масштаб города. Они позволяют обогатить пространство, сформировать его образ и имидж на длительный срок. Большое разнообразие техник, использование долговечных материалов, а также применение инновационных технологий позволяют композиционно организовать и выполнить поверхность подпорной стенки любой сложности.

Ключевые слова: подпорные стены, городская среда, монументальность, инновационные технологии, повышение эстетического уровня городской среды

RETAINING WALLS AS OBJECT OF MONUMENTAL ART IN URBAN ENVIRONMENT

Serebryakov S.A., Obertas O.G., Petukhov V.V., Chernyavina L.A.

Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: Olga.Obiertas@mail.ru

The article covers the issues of creation of retaining walls as monumental and decorative art objects, which enrich Vladivostok city environment and possess wearing qualities compared to those of architectural objects. Occupying significant spaces, retaining walls greatly contribute to general perception of the city environment. The latter has been known for long-lasting materials use, ensuring its monumentality from time immemorial. The study of the retaining walls construction techniques both in Russia and abroad determined a set of construction methods, ensuring proper wearing qualities and artistic-aesthetic appeal. The article estimates the wide use of retaining walls painting technology, with particular focus on a textured surface painting. It was noted that painting on walls surface makes the city less monumental. The authors gave examples of innovative technologies for retaining walls surfaces arrangement; the technologies were used by the students majoring in Design during their internship when they were decorating the VSUES campus retaining walls. The mentioned technologies add to decorative techniques used in retaining walls construction, improving aesthetic perception of a city environment as a whole. The monumental and decorative technologies appear to be the most appropriate for enriching the city landscape and forming its image for a long time. A wide variety of techniques, the use of durable materials as well as innovative technologies arrange composition and design of any complexity of retaining walls surface.

Keywords: retaining walls, urban environment, innovative technologies, improving the aesthetic level of the urban environment

Города на рельефе представляют собой сложный полигон архитектурной и строительной деятельности. Вопросам размещения городской застройки, а также типам самих объектов застройки уделено немало внимания в исследованиях отечественных и зарубежных специалистов [1]. На первых этапах развития типового проектирования жилых домов единственным средством подготовки территории под их застройку являлось террасирование. В дальнейшем стали появляться специальные дома для сложного рельефа, но террасирование продолжало оставаться самым распространённым спосо-

бом освоения городской территории, что обусловило появление в массовом количестве подпорных стен [2 п. 5.1.1]. Они, как художественно-эстетический элемент городской среды, не рассматривались, ввиду того, что воспринимались как средство инженерной подготовки территории. Именно инженерный подход определил поиск наиболее экономичного конструктивного решения самих подпорных стен. Они чаще всего представляют массив, выложенный из бетонных блоков или выполненный из сборных железобетонных элементов (рис. 1), с обозначенными на их поверхности ребрами жёсткости [3].



Рис. 1. Индустриальные конструкции городских подпорных стен во Владивостоке



Рис. 2. Пример массовых росписей подпорных стен в городской среде

Цель исследования: обоснование монументальных технологий при создании подпорных стен как активного компонента городской среды.

Объектом исследования являются подпорные стены в городской среде. Для изучения темы использованы следующие методы научного исследования: метод системного анализа, методы научной классификации.

Появление большого количества вертикальных поверхностей, сопоставимых по площади с самой застройкой, но лишённых какой-либо эстетической привлекательности, вносит в городскую среду однообразие, а порой и уныние. Однако в отдельных случаях, при явном доминировании плоскости подпорной стены в восприятии городской среды редко, но появляются интересные решения по декорированию их поверхностей.

Одновременно с этим, желая повысить эстетику городской среды, в последнее время возникла идея декорировать плоскости подпорных стен росписями, непрофессиональными, наносимыми часто даже на фактурную поверхность облицовывающих подпорные стены плит. Объем этой деятельности во Владивостоке становится таким массовым, что город теряет образ монументальности городской среды, опускаясь до восприятия расселения маргиналов (рис. 2). Вместе с тем значительные объемы этих сопоставимых с параметрами фасадов архитектурных сооружений подпорных стен активно вовлекаются в общее восприятие городской среды. И эта среда испокон века отмечена использованием долговечных материалов, обеспечивающих её монументальность. «Монументальность – одна из категорий оценки произведений искусства, соответствующая объектам, производящим впечатление величиной и мощностью, глубоким по содержанию. Это субъективная,

эмоционально-образная дефиниция, относящая произведение к «монументальному» полюсу шкалы оценок, противоположному произведениям «камерным», «интимным», «развлекательным» [4, с. 180]. Термин «монументальность» широко употребляется как при характеристике архитектурных, так и средовых объектов. Подпорные стены в городской среде следует относить к монументальным объектам, что предполагает использовать крупный масштаб, массивность, простоту форм, подчеркнутую тектоничность, использование долговечных конструктивных и отделочных материалов.



Рис. 3. Облицовка подпорных стен плитами с активной декоративной пластикой

Анализ современных примеров организации подпорных стен в отечественной и зарубежной практике позволяет классифицировать набор приёмов, которые приводят к созданию подпорных стен как объектов монументального искусства, решая при этом как вопросы их долговечности, так и художественно-эстетической привлекательности. Так, в советское время из бетона изготавливались различные вариан-

ты рельефных плит, широко используемые в облицовке подпорных стен (рис. 3). Это решение обеспечивало крупную фактуру поверхности, сочетающуюся с масштабностью городской среды (рис. 3).

При значительной протяжённости общего фронта подпорной стены для устранения монотонности может возникнуть необходимость использования активных пластических декоративных вставок, что позволит нарушить её однообразность.

Увлечение живописными технологиями, массово используемыми на поверхностях подпорных стен, не исключаящие и фактурные поверхности, переводят их в категорию временных декораций, лишая искомой монументальности. Стоит отметить, что большинство технологий монументально-искусства являются практически безотходными и используют различные экологически чистые материалы. Для цветового декорирования плоскостей подпорных стен достаточно использовать сочетания различных строительных материалов.

Если в городах со спокойным рельефом монументально-декоративное искусство чаще всего тяготеет к архитектурным и средовым объектам, то в городах со сложным рельефом в визуальный образ города активно включаются значительные поверхности подпорных стен, по размерам сопоставимые с плоскостями архитектурных фасадов зданий, но изначально, как правило, лишённые какой-либо архитектурной пластики. Для повышения эстетики городской среды в условиях сложного рельефа и выступает острая необходимость находить новые монументально-декоративные средства обогащения поверхностей подпорных стен.

В таблице приведены примеры монументального декорирования поверхностей подпорных стен с использованием различных долговечных конструктивных и отделочных материалов: камня, бетона, кирпича, дерева, металла и вертикального озеленения [5, 6].

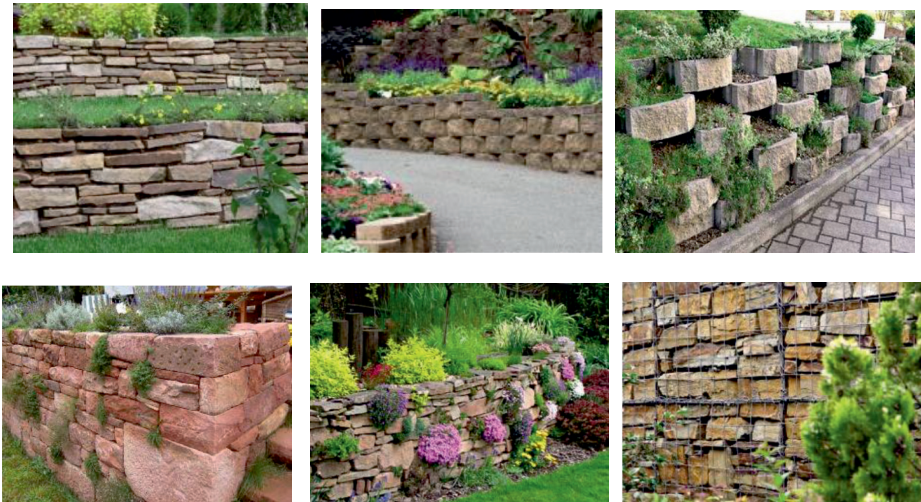





Камень, бетон, кирпич, декоративная плитка, стекло, металл – все эти материалы наряду с долговечностью обладают большим потенциалом декоративности. Бутовая и циклопическая кладка, использование габионов своей фактурой органично вписывается в любой характер городской застройки, как бы имитируя природный рельеф территории. Бетонная поверхность с вывешением конструктивной основы подпорной стены хорошо сочетается с современной индустриальной застройкой, позволяет декорировать ее поверхность облицовочными фактурными плитками или объёмно-декоративными вставками. Кирпич в сочетании

с кладкой из натурального камня позволяет создавать привлекательные и долговечные поверхности, внося романтический характер в застройку. Вертикальное озеленение также хорошо сочетается с каменными и бетонными поверхностями, дополняя зелёными насаждениями городскую среду. Керамические плитки, используемые для облицовки поверхностей подпорных стен, позволяют наполнить городскую среду цветом и, как правило, используются для высокохудожественных сюжетов или орнаментов. Пока не раскрыт потенциал металлических труб. Подвергнутые высокостойкой и долговечной покраске они позволяют создавать интересные стилизованные рисунки на значительных по площади поверхностях подпорных стен (рис. 4).

А вместе с тем в настоящее время в оформлении подпорных стен города всё ещё широко применяют технологию граффити. Сравнительно быстрое исполнение графических росписей является её ключевым преимуществом, но при этом не учитывается долговечность этой технологии. Нанесение красочного слоя на плохо подготовленную поверхность, не способную сопротивляться длительное время климатическим воздействиям, резко ограничивает срок службы подобных росписей, за короткое время превращая стены в неухоженные, обильно осыпаемые поверхности, внося в городскую среду неопрятность и неряшливость. Для городской среды они сродни «боди-арту». Срок службы покрытия, созданного в монументальных технологиях, существенно отличается от художественных росписей в технологии граффити. Стоит учитывать, что монументальные технологии позволяют подвергать их обновлению, в то время как граффити чаще всего каждый раз рисуются с нуля. Не случайно, эта технология устарела и в ряде стран считается вандализмом. Рисованные фрагменты, нанесённые на весьма ограниченных площадках городской среды, могут быть использованы лишь в виде некоего куража, позволяющего одухотворить каменные джунгли города.

Таким образом, проведённые исследования позволяют считать монументально-декоративные технологии единственно возможными при выходе на масштаб города или целого региона. Они позволяют обогатить пространство, сформировать его образ и имидж на длительный срок. Большое разнообразие техник, использование долговечных материалов, а также применение инновационных технологий позволяют композиционно организовать и выполнить поверхность подпорной стенки любой сложности.

Монументальные технологии декорирования подпорных стен

Камень	
Бетон	
Кирпич	
Озеленение	
Дерево и декинг	
Металл	

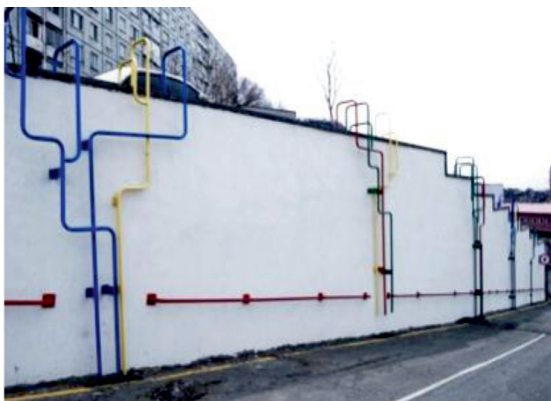


Рис. 4. Декорирование подпорной стенки металлическими трубами



Рис. 5. Использование экспериментальных технологий при декорировании подпорных стен на территории кампуса ВГУЭС

На территории кампуса Владивостокского государственного университета экономики и сервиса (ВГУЭС), расположенного на сложном рельефе и изобилующего подпорными стенами разной высоты и протяженности, обеспечивающими требуемую планировочную организацию территории, создана экспериментальная площадка, позволяющая опробовать различные инновационные технологии, экспериментирующие с долговечными отделочными материалами (рис. 5). В процессе производственных практик студентами испробованы различные отделочные материалы для декорирования подпорных стен. Студенты, организованные для прохождения практики, и явились тем потенциалом, который позволил создать интересные образцы в области монументального искусства. Созданные ими подпорные стены удачно вписались в общую концепцию создания яркого, привлекательного образа студенческого кампуса. Возник единый ансамбль, который может дополняться новыми объектами, с расширением возможностей монументального декорирования подпорных стен. В настоящее время на территории кампуса появились стены, в декорировании которых использована битая керамическая плитка (по примеру Гауди), тонированное стекло, гнутые металлические трубы, стилизующие деревья. Используемые технологии не требуют ежегодного подновления и находятся в эксплуатации уже в течении 3–10 лет.

Конечно, монументальные отделочные материалы вызывают удорожание отделки поверхностей подпорных стен, но, будучи соотнесены с необходимостью ежегодного перекрашивания стен, эти технологии вполне сопоставимы с долговечностью самих

подпорных стен. Индустриальные железобетонные стены с ритмом конструктивных контрфорсов могут быть частично обогащены битой керамической плиткой или фактурной облицовкой плоскостей между контрфорсами. Необходимо экспериментировать с поиском монументальных технологий в декорировании подпорных стен, не допуская массового распространения росписи стен, особенно в центральной части города. Только такой подход позволит сделать Владивосток, отмеченный уникальным рельефом городских территорий в среде дальневосточных городов, весьма привлекательным и в туристическом отношении, где подпорные стенки позволяют внести весомый вклад в брендинг города.

Заключение

Таким образом, можно констатировать, что существующее положение с возведением и декорированием городских подпорных стен находится на уровне утилитарного городского благоустройства. Ориентация декорирования подпорных стен на технологии городского граффити снижает статусность города. Техника граффити, получившая широкое распространение в современной городской среде, наносит непоправимый урон, как в эстетическом, так и в конструктивном отношении, быстро выводя подпорные стены из нормальной эксплуатации.

Город, вынужденный включать в свое пространство подпорные стены значительной площади, различной конфигурации, разнообразного расположения на протяжении длительного времени не привлекает и не осваивает новые технологии, позволяющие считать их полноценным компонентом городской среды. Только использование монументальных технологий позволит

сделать срок эксплуатации подпорных стен сопоставимым со сроками службы существующей и формирующейся застройки и избегать ежегодного финансирования на поддержание их сохранности.

Широкая палитра монументальных технологий декорирования подпорных стен уже в настоящее время позволяет органично вписывать их в целостно создаваемую городскую среду, учитывая ее масштабность, колористическое решение, гармонию облицовочного материала со средовым окружением. Это позволит вытеснить из городского пространства искусство граффити, отведя ему место в жилых спальных районах, в локальных городских дворах, на территории детских учреждений, как средству кратковременно и эпизодически обогащающему средовое пространство, допускающему частое обновление росписи (учитывая при этом, что частое перекрашивание приводит к быстрому разрушению поверхностного слоя подпорных стен).

Список литературы

1. Рекомендации по проектированию жилых районов в условиях сложного рельефа / Под ред. канд. арх. И.Я. Конторович и В.Р. Крогиуса. М.: ЦНИИП градостроительства, 1981. 60 с.
2. СП 43.13330.2012. Сооружения промышленных предприятий. Актуализированная редакция СНиП 2.09.03-85 (с Изменением № 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200092709> (дата обращения: 25.06.2018).
3. Цимбельман Н.Я. Подпорные стенки как элемент городской застройки: анализ причин аварий и развитие методов расчета и конструирования. Научно-популярная лекция. Владивосток: Дальневосточный государственный технический университет (ДВГУИТ им. В.В. Куйбышева, г. Владивосток). Строительный институт ДВГУИТ. Кафедра теории сооружений. Составил: канд. техн. наук, доцент Н.Я. Цимбельман, Владивосток, 2009. 28 с.
4. Дизайн. Иллюстрированный словарь-справочник / Г.Б. Минервин, В.Т. Шимко, А.В. Ефимов и др.: Под общ. ред. Г.В. Минервина и В.Т. Шимко. М.: Архитектура-С, 2004. 288 с.
5. Варианты и технологии строительства подпорных стен из бетона [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://gidfundament.ru/rabota/podpornaya-stena-iz-betona.html> (дата обращения 11.06.2018).
6. Использование подпорных стен в ландшафтном дизайне: функциональные и эстетические идеи [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://happymodern.ru/podpornyie-stenki-v-landshaftnom-dizajne-foto/> (дата обращения 10.06.2018).

УДК 72.01

СРЕДОВОЙ ПОДХОД В АРХИТЕКТУРЕ: ОТ ТЕОРИИ К РЕАЛИЗАЦИИ**Татарченко А.В.***Московский архитектурный институт (государственная академия), Москва, e-mail: tav992@mail.ru*

Настоящая статья является частью исследования теории средового подхода в архитектуре конца XX – начала XXI в. В данной работе предпринята попытка выявить приемы средового подхода для проектирования гуманной городской среды. Обозначены основные причины возникновения данного движения в архитектуре второй половины XX в. Приведено определение средового подхода, наиболее полно отражающее его суть. Исходя из причин возникновения данного движения в архитектуре прошлого столетия рассматриваются исследования, затрагивавшие все аспекты средового подхода: проблему исторического сохранения застройки при проектировании новых объектов, вовлечение «потребителя» в процесс проектирования, создание гуманной среды в современном городе, уменьшение негативного воздействия окружающей среды на человека, создание многообразной архитектуры, с целью улучшения эмоционального состояния людей. В статье приведен анализ основных методов средового подхода. Обозначены приемы, которые использовались в том или ином методе, и на основе обобщения рассмотренной информации автором выделяются четыре группы приемов (традиционно ансамблевые, «смысловые» или «семантические», «рациональные» и «социальные»). Приводятся три ситуации реализации идей средового движения в городской застройке, которые сопоставляются с соответствующими приемами.

Ключевые слова: теория средового подхода, архитектурное проектирование, контекстуализм, соучаствующее проектирование, приемы, методы

**ENVIRONMENTAL APPROACH IN ARCHITECTURE:
FROM THEORY TO REALIZATION****Tatarchenko A.V.***Moscow Institute of Architecture (State Academy), Moscow, e-mail: tav992@mail.ru*

This article is part of the study of the theory of environmental approach in architecture of the late XX early XXI century. In this paper, an attempt is made to identify the methods of environmental approach for the design of humane urban environment. The main causes of this movement in the architecture of the second half of the XX century are indicated. The definition of the environmental approach is given, which most fully reflects its essence. Based on the reasons for the emergence of this movement in the architecture of the last century, studies are considered that have affected all aspects of the environmental approach: the problem of historical preservation of buildings in the design of new facilities, the involvement of the «consumer» in the design process, the creation of a humane environment in the modern city, reducing the negative impact of the environment on humans, the creation of a diverse architecture, in order to improve the emotional state of people. The article presents an analysis of the main methods of the environmental approach. The methods used in this or that method are indicated, and on the basis of generalization of the considered information, the author identifies four groups of methods (traditionally ensemble, «semantic» or «semantic», «rational» and «social»). Are three possible situations the implementation of the ideas of the environmental movement in urban areas, which are mapped to corresponding methods.

Keywords: the theory of the environmental approach, architectural design, contextualism, participation design, design, techniques, methods

На сегодняшний день вопрос качества городской среды остается открытым. В этой области продолжают проводиться исследования: анализируется воздействие городской среды на психику человека и его поведение [1]; идет поиск ответов на вопрос, как мы воспринимаем среду, как она на нас влияет [2], как ее улучшить, начиная с улиц [3] и закачивая крупными градостроительными объектами. Все эти аспекты подтверждают актуальность идей средового проектирования, которые стали развиваться в прошлом столетии.

К 1970-м гг. обострилась проблема однотонности и невзрачности «второй» природы, создаваемой человеком, стал подниматься вопрос о гуманности городской среды в условиях разрастающихся городов,

возрос интерес к исторической застройке и проблемам ее сохранения. Все эти причины обусловили появление нового направления в архитектуре, призванного поддержать или создать среду, отвечающую запросам современного общества.

Таким образом, «средовой подход» родился как гуманистическое движение, направленное на «очеловечивание» всех материально-технических и организационно-деятельностных систем жизнеобеспечения, как реакция на отчуждение человека в городе, «безликость массового стандартного жилья, нарушения экологии» [4, с. 8].

Цель исследования: в конце XX в. разрабатывается теоретическая база средового направления в архитектуре. Одни исследователи видели в средовом подходе способ

сохранения исторического наследия города; другие – возможность объединения интересов населения, архитекторов и властей с целью улучшения качества жизни; третьи – средство создания гуманной среды; четвертые – решение социально-психологических проблем. Различность подходов в исследовании данного направления обусловила отсутствие единой методологической базы, которая могла бы быть применима в практической деятельности архитекторов. В связи с чем для реализации идей средового подхода в проектировании необходимо выявить приемы, которые позволяют архитектору создавать более гуманную городскую среду.

Материалы и методы исследования

Вопросами сохранения исторической среды города, привнесением «нового» без ущерба для окружения занимались А.Э. Гутнов, А.А. Зайцев, А.А. Скокан, А.В. Иконников, Р. Вентури. В рамках данной ветви развития средового подхода разрабатывались метод «скрытой реконструкции» [5], «включающий» или «инклюзивный» метод [6] и контекстуальный метод [7]. Метод «скрытой реконструкции» подразумевал использование приемов работы с исторической средой, позволяющих сохранять ценные памятники архитектуры и обновлять среду так, чтобы она соответствовала требованиям современной жизни. «Включающий» метод основывался на вписывании новых зданий в существующий контекст. Архитектор не должен был навязывать потребителю свою точку зрения, он должен был стремиться к созданию нейтральной среды, на фоне которой впоследствии будет разворачиваться активность жителей. Контекстуальный метод – способ взаимосвязи нового объекта с исторической средой или отдельными зданиями в составе ансамбля. Принципами контекстуализма являются разновидности средовой адаптации, которые берут свои начала в достижении ансамблевости застройки.

Метод «скрытой реконструкции» включал в себя несколько групп приемов, в соответствии с принципами контекстуализма и «включающего» метода:

– первая связана с увеличением темпов освоения городского пространства (использование дворовых территорий, крыш, подземных этажей, пространственное совмещение городских функций) композиционный, типологический;

– вторая направлена на поддержку исторической составляющей среды (соблюдение периметра застройки (традиционный контур), пластичный силуэт, пластичная стена (детализация фасадов), имитация (подражание стилевым особенностям окружения), аппликация (наложение на старое здание элементов новой архитектуры), соблюдение масштабности и воспроизведение объемно-планировочных стереотипов среды (масштабная расчлененность застройки)) композиционный, стилистический, тектонический, морфологический, колористический;

– третья связана с пространственным разнообразием городской среды и ее сомасштабности человеку (пешеходные проходы, крытые галереи, рекреационные пространства) композиционный, тектонический, декоративный;

– четвертая объединяет специфические средства, связанные с благоустройством «контактной зоны» городского пространства («пластика земли», озеленение, водоемы и мощение, малые архитектурные формы, оборудование улиц, знаки и символы, связанные с разными видами визуальной информации), декоративный, семиотический.

Также одной из ключевых проблем средового подхода является стремление совместить представления архитектурно-профессионального сообщества и представления горожан о среде. Если рассматривать средовой подход в узкопрофессиональном плане, то его суть сужается до традиционного ансамблевого метода, а если стремиться выйти за рамки профессионального мышления, то архитектор неизбежно сталкивается с проблемой перевода полученных знаний от потребителей (горожан) в проектный вид [8]. Таким образом, в рамках средового подхода сосуществуют одновременно идея создания смысловой иллюзии в окружении посредством традиционных архитектурных средств и идея принятия решений в координации с населением.

Проблемами взаимодействия профессионалов и горожан (потребителей) в отечественной теории архитектуры начали заниматься еще в середине XX в. посредством опросов населения, анкетирования в газетах. На Западе социальная проблематика начинает развиваться еще в начале прошлого столетия, например, исследования чикагской школы Р. Парка. К концу XX в. в рамках средового движения формируются деятельностно-средовой подход и метод соучаствующего проектирования.

В.Л. Глазычевым была предложена концепция деятельностно-средового подхода, которую он соотносил с принятым на западе «целостным планированием» (comprehensive planning). Суть данного подхода заключалась в «отстраненном» взгляде на город и его жизнь. Каждый специалист, участвующий в проектировании, заинтересован в достижении собственных целей, в то время как требуется независимый эксперт, способный соединить все разрозненные точки зрения и выдвинуть предложение, удовлетворяющее большинству потребностей. В рамках деятельностно-средового подхода были выдвинуты две теоретические модели: тетраэдр и гипертетраэдр. Тетраэдр – это исключительно теоретическая часть концепции. Она предполагает выделение четырех подходов: естественнонаучного, социотехнического, социокультурного и объединяющего их методологического. Но модель тетраэдра невозможно применить на практике, в то время как модель гипертетраэдра можно. Она соединяет вершины тетраэдра в центре посредством стержней: действиями, планированием, проектированием и программированием. Именно эти действия, по мнению Глазычева, позволяют создать среду, в которой будет возможно развитие потенциала ее жителей. Таким образом, средовой подход – это направление, которое преследует одновременно две цели: создание гуманной среды для человека и превращение горожанина из объекта городской жизни в непосредственно его участника.

С 1960-х гг. идея о превалировании рациональности и функциональности в западной архитектуре стала признаваться антигуманной. Распространялось понимание, что среда должна быть адресной и конкретной. Начинаются исследования в области поиска вкусовых предпочтений потребителей, чтобы затем учесть их в реальном проектировании. Эти тенденции

повлияли на развитие так называемого соучаствующего проектирования с привлечением жителей, представителей администрации, экспертного сообщества и других заинтересованных сторон для определения целей и задач развития территории и принятия решений по их реализации. На Западе одним из крупных современных исследователей в этой области является Г. Санофф [9]. Он проводил с группой активных граждан различные воркшопы, круглые столы, интерактивные игры для выявления компромиссного проектного решения, удовлетворяющего потребностям людей и администрации города.

Исходя из определения средового подхода, данного в начале статьи, необходимо более подробно рассмотреть вопрос гуманности среды. А.Г. Раппапорт в статье «Архитектура с человеческим лицом» говорил о том, что внимание к индивидуальному в масштабах всемирной глобализации может стать основанием действительной гуманизации архитектуры. Это утверждение подчеркивает необходимость ориентации профессионального сообщества к частному «потребителю», что подтверждает актуальность идей соучаствующего проектирования и деятельностно-средового подхода в архитектуре. Говоря о гуманности в городе, вспомним слова А. Аалто, призывавшего искать формы, которые обеспечивали бы людям условия, не напоминающие существование в гигантском «муравейнике» городов. Следовательно, комфортной средой можно называть в первую очередь ту, которая сомасштабна человеку.

Также одной из характеристик комфортной среды является ее освоенность людьми, поскольку «человечная» среда это та, которая принимается населением и с которой они активно взаимодействуют. При этом гуманность среды не ограничивается только комфортом. Еще одной составляющей является образ и его запоминаемость, поскольку индивидуальность предметно-пространственной среды потребность людей. Монотонность окружения может приводить к внутреннему диссонансу у человека, поэтому чем разнообразнее среда не только визуально, но и в смысловом плане, тем она более гуманна в современных условиях.

Результаты исследования и их обсуждение

Можно выделить следующие характеристики гуманной среды: образность, неповторимость, сомасштабность, освоенность, историческая преемственность, экологичность и многозначность. В рамках средового подхода они достигаются приемами методов, которые были рассмотрены выше.

Средовой подход в современной сложной и многообразной городской застройке может быть реализован тремя способами: новое здание может быть полностью согласовано с историческим контекстом слияние (рис. 1); контрастировать с ним (рис. 2); или занимать срединное положение адаптация, совмещая в архитектуре черты существующей застройки и новые элементы (рис. 3).



Рис. 1. Жилой комплекс «Римский дом», Москва. Архитектор М. Филиппов (фото А.В. Татарченко из личного архива)

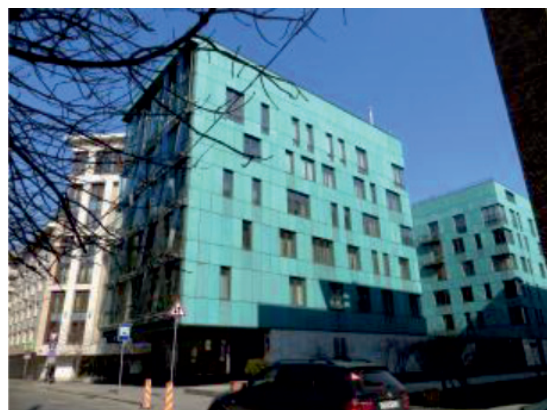


Рис. 2. Жилой комплекс Cooper House, Москва. Архитектор С. Скуратов (фото А.В. Татарченко из личного архива)



Рис. 3. Дом в Брюсовом переулке, Москва. Архитектор А. Бавыкин (фото А.В. Татарченко из личного архива)

Во всех случаях могут быть использованы пространственные традиционно ансамблевые приемы, «семантические» или

«смысловые» приемы, «рациональные» приемы, а также «социальные» приемы средового подхода. Традиционно ансамблевые приемы и «смысловые» приемы – результат анализа метода «скрытой реконструкции» и контекстуального метода. К ансамблевым приемам можно отнести пропорции, ритмический порядок, симметрию, асимметрию, подобие, масштаб, цвет, соблюдение градостроительных особенностей участка, имитацию (подражание стилевым особенностям окружения). К «семантическим» приемам относятся тектоника (зрительное воплощение внутренней конструкции сооружения во внешнем облике), образность и знаковая здания. Под «рациональными» приемами подразумеваются те приемы в исследуемых методах средового подхода, которые отвечают за функциональную, типологическую и экологическую составляющую здания: соответствие нового архитектурного объекта типологии окружающей застройки; привнесение новой или поддержание существующей функции; снижение воздействия шума на людей; уменьшение транспортной нагрузки; улучшение экологии места; использование местных строительных материалов, характерных для данной среды. В группу «социальных» приемов автором отнесены те, которые имеют отношение к работе с населением анкеты, опросы, когнитивные карты, воркшопы, собрания, интерактивные игры.

Возвращаясь к трем способам реализации зданий в рамках средового подхода, необходимо подчеркнуть, что для случая, когда здание сливается с окружением, наиболее активно используются традиционно ансамблевые приемы. На первом рисунке приведен пример здания, построенного во 2-м Казачьем переулке. Большинство фасадов зданий на этой улице решено в традициях классицизма, поэтому «Римский дом», сочетающий в себе элементы «классического» языка архитектуры, по-новому переосмысленного, привносит новые черты в городскую среду, не разрушая. Во втором случае, когда здание контрастно вписано в среду, наибольшее значение приобретают «смысловые» приемы, которые либо подчеркивают чувство места, либо создают новую среду. В качестве примера был выбран жилой комплекс Sorreg House в Бутиковском переулке в Москве. Он определенно контрастирует с окружением, однако не нарушает целостность города. Здание выделяется облицовкой фасада и необычным решением навесных стеклянных панелей. При

этом общий объем решен согласно идее «паркового дома», между тремя объемами комплекса созданы «зеленые оазисы». Этот дом вместе с соседними зданиями образует собственную среду, не нарушающую гармонию исторической части города. В случае адаптации нового здания под окружающую застройку активно используются как ансамблевые, так и смысловые приемы. В качестве примера выбран жилой дом в Брюсовом переулке. В нем присутствуют элементы авторской архитектуры, при этом сохранена художественная и функциональная связь с местом. На фасаде здания оригинальным способом интерпретирован ордер в виде колонн-деревьев, которые не являются несущими элементами, что подчеркивает карниз здания, отступивший внутрь и превратившийся в навес. Колористическое решение здания, вертикальные и горизонтальные членения на фасаде, а также трехчастность объема перекликаются с архитектурными «мотивами» соседних зданий, что в совокупности с учетом жилой функции дома свидетельствует о попытке сохранить существующую городскую среду. Однако не стоит забывать про «рациональные» и «социальные» приемы. Первая группа приемов является неотъемлемой частью современного проектирования как в рамках средового движения, так и любого другого направления в архитектуре. Однако их целью в средовом подходе является создание гуманной среды для человека, чему способствуют и «социальные» приемы. Поэтому последние две группы приемов должны быть свойственны любому из трех способов реализации идей средового подхода в городской среде. В приведенных выше примерах данные приемы выражаются в соблюдении функциональных особенностей территорий, использовании соответствующей типологии зданий, стремлении снизить нагрузку от транспорта (посредством строительства подземного паркинга), а также в применении различных архитектурных приемов для создания гуманной среды.

В архитектурном средовом проектировании традиционно ансамблевые приемы дополнились смысловыми образно-тектоническими приемами, а также вниманием к естественно научным аспектам экологии городской среды. В условиях плотной застройки исторических центров городов новые архитектурные объекты могут сливаться с контекстом, частично адаптироваться под него, либо полностью контрастировать, создавая современное пространство внутри исторической среды.

Заключение

Средовой подход это более тонкое понимание знаковости места при проектировании нового здания; совместимость архитектуры в окружении, создающий общий масштаб; чувство материалов и детализации, наряду с ритмической соразмерностью; освобождение территории от автотранспорта и забота об экологии жизни города. Все эти идеи, зародившиеся в прошлом столетии, актуальны и на данный момент. В современной городской среде необходимо сохранение образности, которая часто подменяется современными технологиями; требуется поиск архитектурных решений, выражающих смысловую составляющую здания, а не имитирующую ее; также необходимо стремление к сохранению особенностей «места», которые складывались в течение долгого времени. Тенденция к преемственности, разнообразию, освоенности, художественной ценности городской среды ведет к ее гуманизации, а каким образом достичь этого в настоящее время, является перспективным направлением развития средового подхода.

Список литературы

1. Элллард К. Среда обитания: Как архитектура влияет на наше поведение и самочувствие / Пер. с. англ. М.: Альпин Паблишер, 2018. 288 с.
2. Горожанин: что мы знаем о жителе большого города? М.: Strelka Press, 2017. 216 с.
3. Проектирование городских улиц / Коллектив авторов НАСТО: пер. с. англ. М.: Альпин нон-фикшн, 2016. 192 с.
4. Высоковский А.А. Средовой подход в архитектуре и градостроительстве. М.: ВНИИТАГ, 1989. 157 с.
5. Гутнов А.Э. Эволюция градостроительства. М.: Стройиздат, 1984. 256 с.
6. Вентури Р., Браун Д.С., Айзенур С. Уроки Лас-Вегаса: Забытый символизм архитектурной формы / Пер. с англ. И. Третьяков. М.: Strelka Press, 2015. 212 с.
7. Зайцев А.А. Контекстуализм как стилистическое течение в архитектуре конца XX начала XXI вв.: автореф. дис. ... канд. архитектуры: 05.23.20. Нижний Новгород, 2013. 20 с.
8. Капустин П.В. «Средовой подход» и перестройка профессии // Городская среда. Часть II: под ред. А.А. Высоковского, Г.З. Каганова. М.: ВНИИТАГ, 1989. С. 17–25.
9. Санофф Г. Соучаствующее проектирование. Практики общественного участия в формировании среды больших и малых городов / Пер. с. англ. Н. Снигирева, Д. Смирнов. Вологда: Проектная группа 8, 2015. 170 с.

УДК 624.154.8

ЧИСЛЕННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ КОМБИНИРОВАННЫХ СВАЙНЫХ ФУНДАМЕНТОВ

Хабибулин С.Ю., Хабибулина Н.Н.

ФГБОУ ВО «Поволжский государственный технологический университет», Йошкар-Ола,
e-mail: cerxabib85@mail.ru

В статье представлены результаты изучения закономерностей и оптимальных параметров работы, а также определения области применения комбинированного свайного фундамента. Было проведено численное моделирование данной конструкции в ПК Plaxis 2D, с учетом изменения таких факторов как: угол наклона вытрамбованной части и длины сваи. Расчет производился в условиях осесимметричной задачи при нормальных условиях нагружения. Описана технология изготовления комбинированного свайного фундамента. Проведены расчеты геометрических размеров фундаментов. Представлены результаты численных расчетов грунтового основания комбинированных свайных фундаментов. Проведен анализ несущей способности и напряженно-деформированного состояния активной зоны комбинированных свайных фундаментов. Представлены зависимости влияния угла наклона, равного 15°, 20°, 25°, 30° вытрамбованной части на несущую способность фундамента. Проведен анализ влияния длины сваи равной 0; 3; 6; 9 м на несущую способность фундамента при различных ступенях вертикальной нагрузки. Проведено комплексное сравнение напряженно-деформированного состояния оснований для комбинированных свайных фундаментов с различными параметрами угла наклона вытрамбованной части и длины сваи. Статья предназначена для специалистов в области промышленного и гражданского строительства, инженеров-геотехников, а также студентов строительных специальностей.

Ключевые слова: комбинированный свайный фундамент, метод конечных элементов, эффективные виды фундаментов, геотехнический расчет

NUMERICAL CALCULATION OF THE OPTIMAL SIZE OF COMBINED PILE FOUNDATIONS

Khabibulin S.Yu., Khabibulina N.N.

Federal State Educational Institution of Higher Education Volga State Technology University,
Yoshkar-Ola, e-mail: cerxabib85@mail.ru

The wide use of combined pile foundation is complicated because of the absence of technical rules and regulations on design of such structures. It is necessary to investigate the main parameters and regularities of such structures operation under loading. For this aim numerical study of the foundation was carried out. The numerical modeling of combined pile foundation was carried out in the Plaxis 2D for study of the basic laws and operating parameters and for determination of the application area of these structures. The geometrical dimensions are calculated of the foundations. Dependences of influence of an inclination angle equal to 150, 200, 250, 300 of the tamped part are presented. The influence of the pile length is analyzed: 0 m., 3 m., 6 m., 9 m. on the bearing capacity of the foundation at various stages of vertical load. A complex comparison of the stress – strain state of the bases for combined pile foundations with various parameters of the angle of inclination of the tamped part and the length of the pile has been carried out. The main goal of this study was to establish the optimal structures of combined pile foundation. This article seems to be interesting for those who work in the field of building construction and geotechnics engineering.

Keywords: combined pile foundation, finite element method, effective foundation types, geotechnical calculation

На строительных площадках при наличии слабых несущих слоев грунта традиционным решением являются свайные фундаменты большой длины. Вытрамбованные фундаменты, а также короткие пирамидальные сваи [1, 2], фундаменты оболочки [3] и плитно-свайные фундаменты [4, 5] являются наиболее рациональными конструкциями фундаментов при наличии сложных инженерно-геологических условий. В результате экспериментов было выявлено, что призматическая свая обладает несущей способностью в 2–2,5 раза меньше, чем вытрамбованные фундаменты. Столь значительное расхождение в несущей способности объясняется иным характером взаимодействия основания с вытрамбованным фундамен-

том, в сравнении с призматической сваем, и значительной областью уплотнения грунта вокруг вытрамбованного фундамента [6]. В связи с этим были произведены геометрические расчеты комбинированного свайного фундамента, которые представлены в табл. 1, для расчета были приняты размеры при значении $H = 1$ м и сторона сваи равна 0,3 м.

Технология производства вытрамбованного фундамента следующая. Вытрамбованные фундаменты изготавливают при помощи копровой установки, оборудованной дизель-молотом или вибропогружателем. Рабочий орган состоит из направляющей, по которой происходит погружение, и конусообразного пробойника. Пробойник

представляет собой металлическую конусообразную форму, в верхней части которой крепится пружинный механизм, он необходим для извлечения пробойника из грунта. С помощью кронштейна конусообразный пробойник крепится к направляющей. Воздействие на пробойник от дизель-молота передается через наголовник. Пробойник погружается в грунт за счет многократного ударного воздействия дизель-молотом. При достижении грунта пружинный механизм многократно уплотняет основание вокруг пробойника. В результате чего не происходит выпор, разрыхление и разуплотнение грунта в непосредственной близости от котлована. Пробойник извлекают, когда сила сжатия опорных пружин превосходит силу

трения и сцепления поверхности рабочего органа о стенки котлована [7]. Затем сваебойный копер погружает сваю заданной длины на проектную отметку. Рабочую арматуру сваи оголяют, устанавливают металлический каркас и производят обетонирование для совместной работы забивной сваи и вытрамбованной части фундамента [8].

Целью настоящего исследования является изучение работы комбинированного фундамента, состоящего из забивной сваи длиной $L = 0; 3; 6; 9$ м и вытрамбованного элемента с углом $\alpha = 15^\circ, 20^\circ, 25^\circ, 30^\circ$ к вертикали относительно наклонной грани. Выявление зависимости от угла наклона вытрамбованного элемента и длины сваи к несущей способности фундамента.

Таблица 1

Размеры комбинированного фундамента

Сторона сваи (h), м	0,3	0,4	α°	H, м
R, м	0,30	0,35	15	0,5
R, м	0,36	0,41	20	0,5
R, м	0,43	0,48	25	0,5
R, м	0,50	0,55	30	0,5
R, м	0,33	0,38	15	0,6
R, м	0,40	0,45	20	0,6
R, м	0,48	0,53	25	0,6
R, м	0,57	0,62	30	0,6
R, м	0,36	0,41	15	0,7
R, м	0,45	0,50	20	0,7
R, м	0,54	0,59	25	0,7
R, м	0,64	0,69	30	0,7
R, м	0,39	0,44	15	0,8
R, м	0,49	0,54	20	0,8
R, м	0,60	0,65	25	0,8
R, м	0,72	0,77	30	0,8
R, м	0,42	0,47	15	0,9
R, м	0,53	0,58	20	0,9
R, м	0,65	0,70	25	0,9
R, м	0,79	0,84	30	0,9
R, м	0,45	0,50	15	1
R, м	0,57	0,62	20	1
R, м	0,71	0,76	25	1
R, м	0,86	0,91	30	1
R, м	0,60	0,65	15	1,5
R, м	0,78	0,83	20	1,5
R, м	0,99	1,04	25	1,5
R, м	1,21	1,26	30	1,5

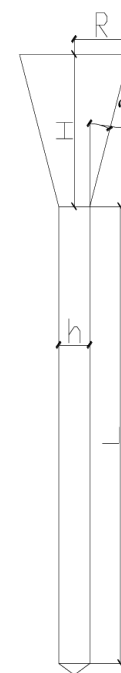
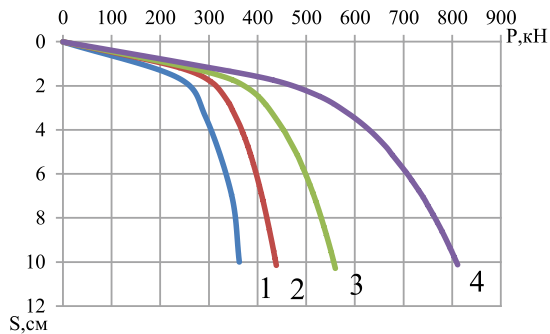
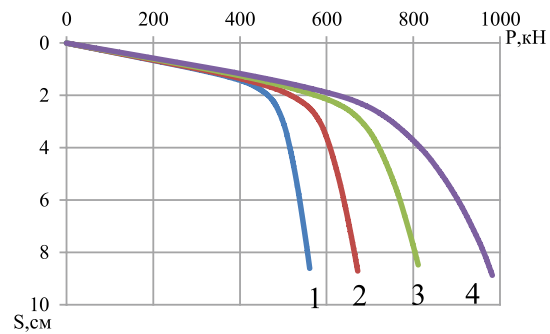
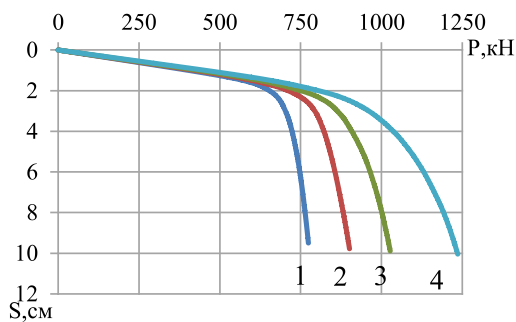
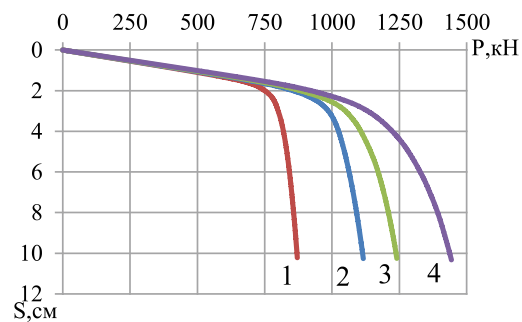


Таблица 2

Расчетные характеристики грунта

Наименование грунта	Мощность слоя	I_L , д. ед.	γ , кН/м ³	ϕ , град	c , МПа	E , МПа	ν	Ψ , град
Супесь пластичная	15 м	0,36	18,03	24,7	0,015	8,5	0,32	1

А) $L = 0$ м. 1 – $\alpha = 15^\circ$, 2 – $\alpha = 20^\circ$, 3 – $\alpha = 25^\circ$, 4 – $\alpha = 30^\circ$ Б) $L = 3$ м. 1 – $\alpha = 15^\circ$, 2 – $\alpha = 20^\circ$, 3 – $\alpha = 25^\circ$, 4 – $\alpha = 30^\circ$ В) $L = 6$ м. 1 – $\alpha = 15^\circ$, 2 – $\alpha = 20^\circ$, 3 – $\alpha = 25^\circ$, 4 – $\alpha = 30^\circ$ Г) $L = 9$ м. 1 – $\alpha = 15^\circ$, 2 – $\alpha = 20^\circ$, 3 – $\alpha = 25^\circ$, 4 – $\alpha = 30^\circ$ Рис. 1. Зависимость осадки фундамента от значений α и различной длины сваи L при различных ступенях нагрузки P кН

Численные исследования

Расчеты производились в условиях осесимметричной задачи в программном комплексе Plaxis 2D. На основании обзора литературных данных [9–11] была разработана расчетная схема фундамента, грунтового основания и уплотненной зоны. Расчетные характеристики основания приведены в табл. 2. Нагрузка на фундамент доводилась до предельных значений.

На рис. 1 приведены основные зависимости осадка – нагрузка при различных значениях α и длине сваи L . С увеличением нагрузки в активной зоне фундамента начинают развиваться области пластических деформаций, зависимость «осадка – нагрузка» на рис. 1, А–Г, приобретает нелинейный характер.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим основные результаты расчетов напряженно-деформированного состояния комбинированных свайных фундаментов. При анализе рис. 1, А, видно, что при длине сваи $L = 0$ изменение угла от 15° до 30° приводит к увеличению несущей способности вытрамбованного фундамента в 1,75 раз при осадке $S = 2$ см. На рис. 1, Б–Г, наблюдаем, что с увеличением длин сваи при $\alpha = 15^\circ$ несущая способность фундамента изменяется соответственно в 1,72; 2,21; 2,76 раз относительно фундамента при $L = 0$. Для фундаментов с $\alpha = 20^\circ$ при изменении длины сваи несущая способность изменяется в 1,6; 2,29; 2,77 раз соответственно, а при $\alpha = 25^\circ$ с увеличением

длины сваи несущая способность фундамента изменяется в 1,55; 1,94; 2,35 раз. При значениях $\alpha = 30^\circ$ увеличение несущей способности фундамента при изменении длины сваи составит 1,28; 1,7; 1,96 раз.

Результаты зависимостей осадки фундамента от длины свай и угла наклона боковой грани показаны на рис. 2. При $\alpha = 15^\circ$ и $P = 200$ кН соотношение осадки будет равно 0,48; 0,36; 0,31 для $L = 3; 6; 9$ м соответственно, с увеличением нагрузки $P = 400$ кН при $\alpha = 25^\circ$ несущая способность фундамента изменяется соответственно в 0,57; 0,37; 0,34 раз. С увеличением значения $\alpha = 30^\circ$ соотношение несущей способности при $P = 600$ кН соответственно длинам свай составит в 0,48; 0,34; 0,31 раз, а при $P = 800$ кН соотношения равны 0,39; 0,21; 0,17 раз.

Изополю вертикальных перемещений представлены на рис. 3. Они вытянуты вдоль комбинированного свайного фундамента. На глубине 2-3h (h – сторона сваи) ниже плоскости острия сваи и на расстоянии 2-4d в горизонтальном направлении вертикальные перемещения составляют не более 0,25 от общей осадки фундамента. Вертикальные перемещения грунта в уплотненной зоне достигают 0,45–0,75 от максимальной осадки комбинированного

свайного фундамента, то есть уплотненная зона деформируется вместе с фундаментом.

Зоны пластических деформаций по глубине на рис. 4 возникают в области уплотненной зоны по боковой поверхности фундамента. Горизонтальное распространение зависит от угла наклона вытрамбованного элемента, с увеличением угла зоны могут доходить до 5-7D (D – диаметр вытрамбованной части по верху).

Анализ изменения вертикальных напряжений σ_y на рис. 5 показывает, что максимальные значения сжимающих напряжений находятся в плоскости острия сваи и вдоль тела сваи.

Выводы

1. Увеличение угла наклона боковой поверхности при $S = 2$ см приводит к уменьшению влияния длины сваи на несущую способность фундамента ввиду того, что проявляется арочный эффект вытрамбованного фундамента.
2. При сравнении свай длиной L , равной 6 м, 9 м уменьшается эффективность применения длинных свай.
3. Получены картины напряженно-деформированного состояния комбинированных свайных фундаментов.

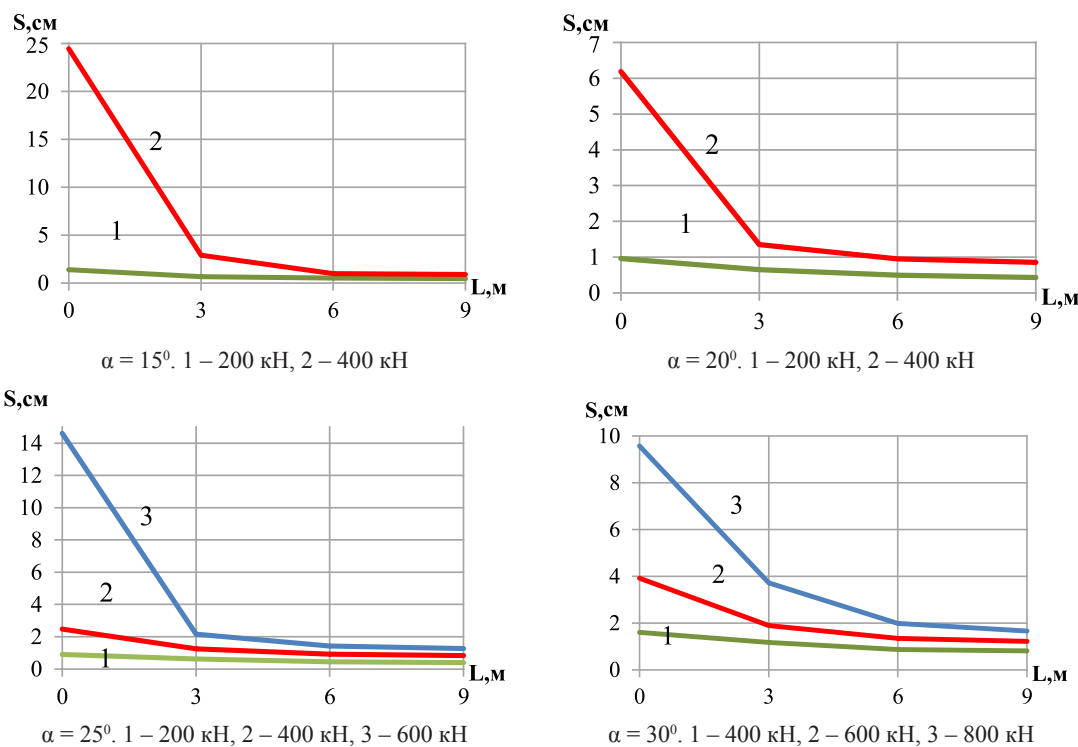
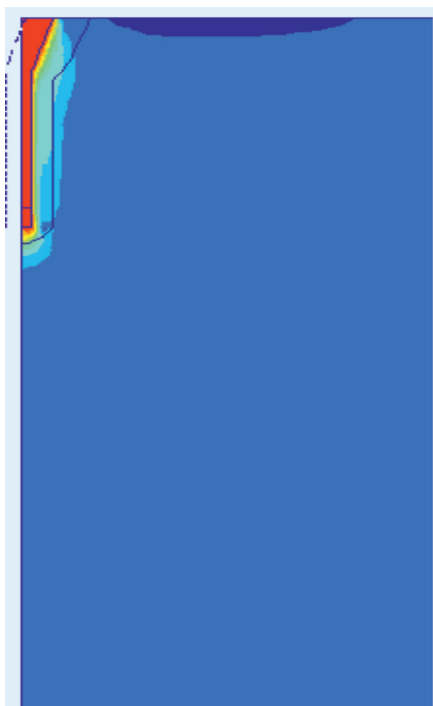
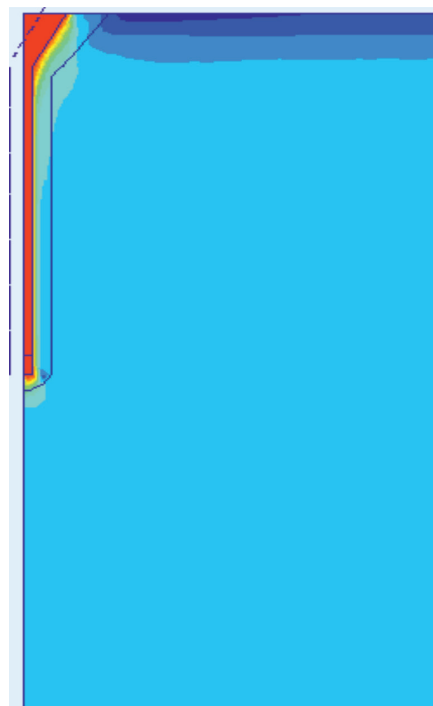
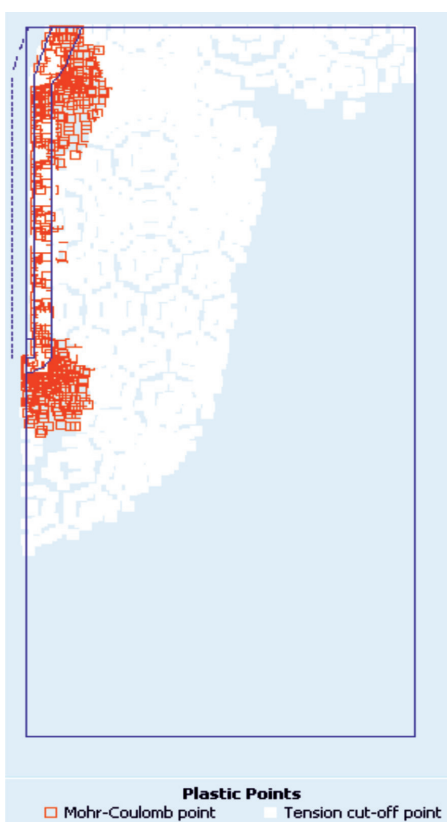
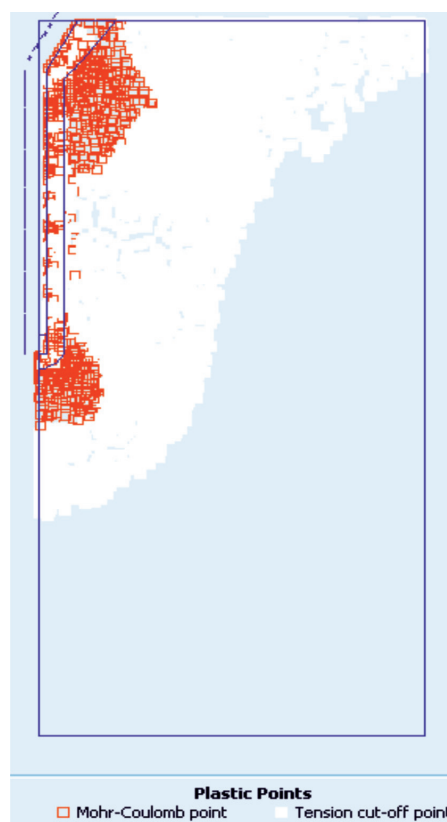


Рис. 2. Зависимость осадки фундамента S см, от длины свай L м и угла α° при различных ступенях вертикальной нагрузки

 $\alpha = 15^\circ$. L = 3 м $\alpha = 25^\circ$. L = 6 м*Рис. 3. Изолинии вертикальных перемещений* $\alpha = 15^\circ$. L = 6 м $\alpha = 25^\circ$. L = 6 м*Рис. 4. Распределение зон пластических деформаций*

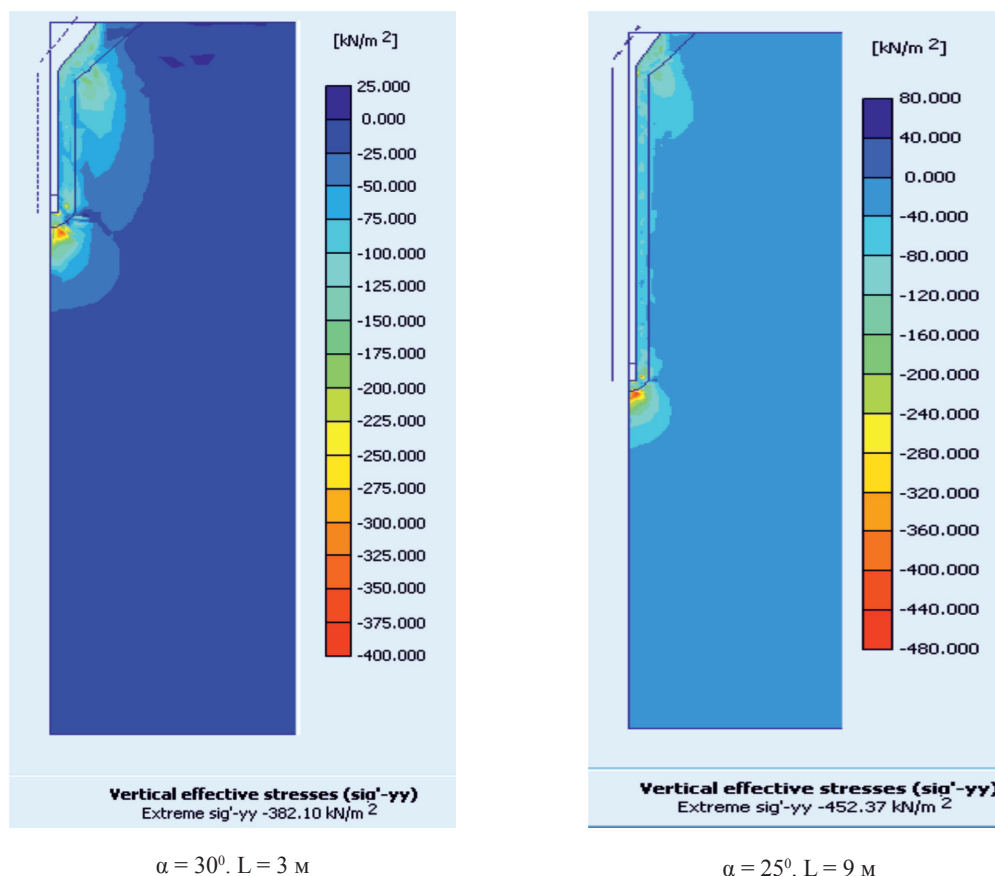


Рис. 5. Сжимающие напряжения для комбинированного фундамента

4. При небольших нагрузках до 300 кН можно использовать только вытрамбованную часть фундамента с углом выше 25° . При диапазоне нагрузок 300–700 кН рационально использовать комбинированный свайный фундамент с длиной центральной сваи 3 м и углом выше 25° , а для свай длиной 6 м и углом в диапазоне от 15° – 30° .

Список литературы

1. Бартоломей А.А., Глушков В.Е., Глушков И.В. Комбинированный фундамент // Брюссель – Эврика 2003: 52-й всемирный салон инноваций, научных разработок и новых технологий (Бельгия, Брюссель, 11–16 ноября 2003 г.). 2003. С. 112–116.
2. Справочник геотехника. Основания, фундаменты и подземные сооружения / под общ. ред. В.А. Ильичева и Р.А. Мангушева. М.: Изд-во АСВ, 2014. 728 с.
3. Бартоломей Л.А., Тарасенко А.А., Пронозин Я.А., Мельников Р.В. Взаимодействие осесимметричных фундаментов-оболочек с грунтовым основанием при внецентренном нагружении // Интернет-вестник ВолгГАСУ. Сер.: Политематическая. 2012. Вып. 1 (20). URL: http://vestnik.vgasu.ru/attachments/BartolomeyTarasenko-2012_1_20_.pdf (дата обращения: 02.07.2018).
4. Тер-Мартиросян З.Г., ЧиньТуан Вьет. Взаимодействие свай большой длины с массивом грунта в составе плитно-свайного фундамента // Вестник МГСУ. 2012. № 3. С. 74–78.
5. Шулятьев О.А. Фундаменты высотных зданий // Вестник Пермского национального исследовательского политех-

нического университета. Строительство и архитектура. 2014. № 4. С. 203–245. DOI: 10.15593/2224-9826/2014.4.19.

6. Глушков И.В. Методика проектирования комбинированных свайных фундаментов // Актуальные проблемы проектирования и строительства в условиях городской застройки: тр. Междунар. науч.-практ. сем. Пермь, 2005. Т. II. С. 13–18.

7. Глушков В.Е., Глушков А.В. Вытрамбованные фундаменты в грунтах со слабым подстилающим слоем // Вестник ПНИПУ. Строительство и архитектура. 2014. № 2. С. 19–26.

8. Пат. на полезную модель 12148 Российская Федерация, Е 02 Э 27/01. Вытрамбованный фундамент с центральной свайей / Глушков В.Е., Глушков И.В.; заявитель и патентообладатель Глушков Вячеслав Евгеньевич, Глушков Илья Вячеславович. – № 99100436/2; заявл. 05.01.1999; опубл. 16.12.1999.

9. Пронозин Я.А., Степанов М.А. Комбинированные фундаменты как синтез плитного и свайного фундаментов. Эволюция развития: сборник материалов XVI научно-образовательной конференции ТюмГАСУ. Тюмень, 2012. С. 122–125.

10. Пронозин Я.А., Степанов М.А. Экспериментальные исследования взаимодействия свайно-оболочечных фундаментов с предварительно уплотняемым грунтовым основанием: сборник материалов Всероссийской научно-технической конференции «Механика грунтов в геотехнике и фундаментостроении». Новочеркасск, 2012. С. 243–250.

11. Ponomaryov A.B., Sazonova S.A. The use of express method for determining the modulus of deformation of fill soil. Challenges and Innovations in Geotechnics – Proceedings of the 8th Asian Young Geotechnical Engineers Conference. 8AYGEC 2016 8th. 2016. P. 283–286.

УДК 004.94:621.644

КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПАРАМЕТРОВ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛЯ КАТОДНОЙ ЗАЩИТЫ ПОДЗЕМНОГО ТРУБОПРОВОДА

Хисаметдинов Ф.З.

*Сибайский институт (филиал) ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Сибай,
e-mail: khisametdinovfz@mail.ru*

Катодная защита является одним из распространенных средств борьбы с коррозией подземных трубопроводов. Эффективность катодной защиты зависит от правильного выбора ее эксплуатационных параметров, при этом одной из важнейших является задача расчета характеристик электрического поля в системе «анод – грунт – защищаемое сооружение». Выбор проектных параметров и режимов эксплуатации катодной защиты осуществляется на основе результатов расчетов, для интерпретации которых может быть применена постобработка и визуализация. В данной работе рассматривается подход к компьютерному моделированию электрических полей катодной защиты от коррозии подземных трубопроводов. Для перехода от непрерывной к дискретной модели применен метод фиктивных источников. Предложен метод расчета и визуализации параметров электрического поля, основанный на принципах электростатической аналогии. Построен алгоритм расчета скалярных и векторных полей, характеризующих электрические параметры катодной защиты трубопровода. На основе предложенных подходов разработана программа на языке C++ в интегрированной среде разработки CodeBlocks. Для постобработки и визуализации результатов расчетов применен математический пакет Octave. С использованием разработанных программ проведены вычислительные эксперименты с реальными исходными данными. Получена апостериорная оценка погрешности дискретизации на основе правила Рунге, при этом для определения порядка точности численного метода применен алгоритм Эйткена.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, электрическое поле, трубопровод, катодная защита, метод фиктивных источников, визуализация численных результатов

PARAMETERS OF THE ELECTRIC FIELD IN CATHODIC PROTECTION OF UNDERGROUND PIPELINE CALCULATION AND VISUALIZATION

Khisametdinov F.Z.

Sibay Institute of Bashkir State University, Sibay, e-mail: khisametdinovfz@mail.ru

The cathodic protection is one of the widespread means of underground pipelines corrosion control. The effectiveness of the cathodic protection depends on the correct choice of its operational parameters, taking the task to calculate the characteristics of the electric field in the «anode–ground–the protected construction» system as one of the most important ones. The choice of the project parameters and the operating conditions of the cathodic protection is based on calculation data, to interpret which one can use the post-processing and visualization. The given work studies the approach to the computer modeling of the electric fields of the cathodic corrosion protection of the underground pipelines. To pass from the continuous model to the discrete one the false sources method is used. The author offers the method of calculation and visualization of the parameters of electric field of the cathodic protection, based on the principles of electrostatic similarity, gives the algorithm of scalar and vectorial fields calculation, characterizing the electric parameters of the pipeline cathodic protection. On the basis of the offered approaches the software created in the C++ language in the CodeBlocks integrated development environment. For the post-processing and visualization of the calculation results Octave software package was used. The developed software was used in the simulation experiments with real source data. The posterior estimation of discretization error on the basis of Runge rule, though to determine the order of accuracy of numerical method, the Aitken algorithm was used.

Keywords: computer simulation, electric field, pipeline, cathodic protection, visualization of results of calculation, fictitious sources method, principle of electrostatic analogy

Катодная защита является одним из распространенных средств борьбы с коррозией подземных трубопроводов. Эффективность катодной защиты зависит от правильного выбора ее эксплуатационных параметров, при этом одной из важнейших является задача расчета характеристик электрического поля в системе «анод – грунт – защищаемое сооружение». Выбор проектных параметров и режимов эксплуатации катодной защиты осуществляется на основе результатов расчетов, для интерпретации которых может быть применена постобработка и визуализация [1, 2].

Цель исследования: разработка подхода к компьютерному моделированию и визуализации электрических полей катодной защиты от коррозии подземных трубопроводов.

Материалы и методы исследования

Рассматривается электрическое поле, создаваемое протяженным цилиндрическим катодом (трубой) и заглубленным вертикальным анодом в области $\Omega = \{p = p(x, y, z): 0 \leq x \leq L; z \leq H\}$. Центральная ось трубы совпадает с осью Ox , на интервале $0 \leq x \leq L$. Плоскость $z = H$ соответствует поверхности земли. Заглубленный анод размещается перпендикулярно поверхности земли, его центр находится в точке p_0 . Схема катодной защиты приведена на рис. 1.

В заданных условиях распределение электрического потенциала $u = u(p)$ в Ω будет удовлетворять уравнению Пуассона [3, 4]

$$\text{div}(\sigma(p)\text{grad} u(p)) = I_0\delta(p - p_0) - I_s\delta(p - p_s), \quad (1)$$

где $\delta(p)$ – дельта-функция, $\sigma(p)$ – удельная электропроводность среды, I_0 – интенсивность точечного анода, расположенного в точке p_0 , I_s – интенсивность точечного стока, расположенного в точке p_s (утечка через заземлители).

На границе S_{gr} (поверхность трубы) поставим граничные условия третьего рода

$$\left(u - c_t \frac{\partial u}{\partial n}\right) \Big|_{S_{gr}} = u_t, \quad (2)$$

где u_t – потенциал металла трубы, $c_t = c_t(x)$ – удельное электрическое сопротивление изоляции трубы ($\text{Ом}\times\text{м}^2$). Считаем, что потенциал металла зависит только от координаты x , т.е. $u_t = u_t(x)$. На участках S_{is} (изоляторы: левая и правая границы участка, поверхность земли) поставим граничное условие второго рода

$$\frac{\partial u}{\partial n} \Big|_{S_{is}} = 0. \quad (3)$$

Для плотности тока в металле трубы, при отсутствии потерь через боковую поверхность, выполняется закон Ома

$$j_t(x) = \sigma_{mt} \frac{du_t}{dx}, \quad (4)$$

где σ_{mt} – удельная электропроводность металла трубы.

В точке подключения трубы к катодной станции поставим условие

$$\frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_0-0} - \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=x_0+0} = \frac{I_0 - I_s}{\sigma_{mt} S_{ms}}, \quad (5)$$

где S_{ms} – площадь сечения металла трубы.

Для решения рассматриваемой задачи перейдем к дискретной модели, применяя метод фиктивных источников [5, 6]. Рассматриваемый участок трубы $0 \leq x \leq L$ условно разбиваем на M равных фрагментов. Каждый фрагмент отождествим с точечным источником (стоком), расположенным в геометрическом центре фрагмента (рис. 1). Все электрические параметры каждого точечного источника (стока) принимаем равными среднему для соответствующего фрагмента трубы значению, $i = 1..M$:

$I_{ig,i}$ – ток через боковую поверхность трубы;

$U_{im,i}$ – потенциал металла трубы;

$I_{tx,i}$ – продольный ток в металле трубы между соседними фрагментами трубы;

$U_{ig,i}$ – потенциал на границе «грунт – труба».

Для полученной системы точечных источников и стоков выполняется 1 закон Кирхгофа:

$$I_{ig,1} - I_{tx,1} = 0, \quad I_{ig,i_k} + I_{tx,i_k-1} - I_{tx,i_k} = I_0 - I_s,$$

$$I_{ig,i_k} + I_{tx,i_k-1} - I_{tx,i_k} = I_0 - I_s, \quad I_{ig,M} + I_{tx,M-1} = 0. \quad (6)$$

где i_k – номер фиктивного источника (стока), в котором осуществлен контакт с электрической цепью катодной станции.

Электрический ток в металлическом сечении трубы подчиняется закону Ома, дискретный аналог которого имеет вид

$$U_{im,i+1} - U_{im,i} = -R_m I_{tx,i}, \quad (7)$$

где $R_m = \rho_t(l/S_{ms})$ – электрическое сопротивление между соседними фрагментами трубы, ρ_t – удельное электрическое сопротивление металла трубы, l – длина фрагмента трубы.

Потенциал на границе «грунт – труба» можно выразить на основе принципа электростатической аналогии [4]

$$4\pi\sigma U_{ig,i} = \frac{I_0}{R(p_{t,i}, p_0)} - \frac{I_s}{R(p_{t,i}, p_s)} - \sum_{j=1}^M \frac{I_{ig,j}}{R(p_{t,i}, p_{t,j})}, \quad (8)$$

где $p_{t,i}$ – центр фиктивного источника с номером $i = 1..M$, $R(p,q)$ – расстояние между точками p, q .

Параметр $U_{ig,i}$ представляет собой средний для фрагмента трубы потенциал на границе «грунт – труба». Длина фрагмента может быть выбрана достаточно большой, и оказаться сравнимой с другими геометрическими параметрами (например, расстоянием от трубы до анода). В связи с этим, в соотношении (8) будем дополнительно учитывать особенности вычисления электрического потенциала, создаваемого цилиндрическим электродом [7, 8]. Также при расчетах в (8) применим принцип зеркальных отражений [9] и учтем дополнительные источники и стоки.

Дискретные аналоги выражения (2) запишем в виде

$$U_{ig,i} - C_i \frac{I_{ig,i}}{S_i} = U_{im,i}, \quad (9)$$

где C_i – сопротивления изоляции, S_i – площадь внешней поверхности фрагмента трубы.

Построенная система $4M-1$ линейных уравнений (6)–(9), с $4M-1$ неизвестными имеет хорошо обусловленную матрицу и для ее решения можно применить метод Гаусса с выбором главного элемента. Для получения апостериорной оценки погрешности дискретизации, имеющей место при переходе от непрерывной модели (1)–(5) к дискретной (6)–(9), можно применить правило Рунге двойного пересчета [3]. Вводя общее обозначение x_i^h для компонент решения системы (6)–(9), полученного при длине фрагмента h , главный член погрешности можно выразить [4]

$$R(x_i^h) = \frac{x_i^h - x_i^{h/k}}{k^p - 1}, \quad (10)$$

где $k > 0, p$ – порядок точности метода, который можно вычислить в соответствии с алгоритмом Эйткена [4]

$$k^p = \frac{x_i^{h/k} - x_i^{h/k^2}}{x_i^h - x_i^{h/k}}. \quad (11)$$

Решая систему (6)–(9), найдем интенсивности $I_{ig,i}$. Тогда, распределение в области Ω потенциала, создаваемого точечными источниками (стоками) с интенсивностями $I_0, I_s, I_{ig,i}$, расположенными в точках $p_0, p_s, p_{t,i}$ соответственно, описывается уравнением Пуассона [3]

$$\text{div}(\sigma(p)\text{grad} u(p)) = I_0\delta(p - p_0) - I_s\delta(p - p_s) - \sum_{j=1}^M I_{ig,j}\delta(p - p_{t,j}). \quad (12)$$

Уравнение (12) дополним граничными условиями второго рода на участках S_{is}

$$\left. \frac{\partial u}{\partial n} \right|_{S_{is}} = 0. \quad (13)$$

Применяя принцип электростатической аналогии [9], можем записать выражение для электрического потенциала в произвольной точке $q \in \Omega$

$$u(q) = \frac{1}{4\pi\sigma} \left(\frac{I_0}{R(q, p_0)} - \frac{I_s}{R(q, p_s)} - \sum_j^M \frac{I_{ig,j}}{R(q, p_{i,j})} \right). \quad (14)$$

Так же, как и для соотношения (8), при расчетах в (14) применим принцип зеркальных отражений и учтем дополнительные источники и стоки [4].

Векторная величина плотности тока может быть выражена, как [3]

$$\vec{J}(q) = \sigma \left(\frac{\partial u(q)}{\partial x} \cdot \vec{i} + \frac{\partial u(q)}{\partial y} \cdot \vec{j} + \frac{\partial u(q)}{\partial z} \cdot \vec{k} \right), \quad (15)$$

где $\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}$ – с орты координатных осей.

В области Ω введем прямоугольную трехмерную сетку с постоянным шагом h ; в узловых точках $q_{i,j,k}$ вычислим электрический потенциал $u_{i,j,k} = u(q_{i,j,k})$.

В (13) заменяя частные производные конечными разностями [3], например, для переменной x

$$\frac{\partial u(q_{i,j,k})}{\partial x} = \frac{u(q_{i+1,j,k}) - u(q_{i,j,k})}{h}, \quad (16)$$

можем найти компоненты векторного поля плотности тока (15) в узловых точках.

Результаты исследования и их обсуждение

Предложенный подход позволяет получить распределение электрического потенциала в виде трехмерного скалярного поля, а также компоненты трехмерного векторного поля плотности тока в рассматриваемой области. Однако трехмерные данные пред-

ставляют сложности для восприятия и визуализации [10], в связи с этим графические построения были осуществлены для двумерных сечений исходной области Ω (рис. 1).

Предлагаемый алгоритм реализован в виде программы на языке C++, с использованием которой проведены расчеты с реальными исходными данными (таблица). Применен алгоритм Эйткена [11]; порядок точности численного метода принят равным 1. Полученная по правилу Рунге общая относительная погрешность численных результатов составила менее 1%.

Исходные данные задачи

Параметр	Значение
Внешний диаметр трубы, м	0,557
Глубина до центра анода, м	2,5
Глубина залегания трубы, м	1,5
Длина защищаемого участка трубы, м	11000
Интенсивность утечки, в % от тока катодной станции	10
Координата точки x подключения СКЗ к трубе, м	5500
Расстояние от анода до трубы, м	200
Расстояние от утечки до трубы, м	20
Ток катодной станции I_0 , А	4
Толщина стенки трубы, мм	8
Удельное сопротивление грунта, Ом·м	200
Удельное сопротивление стали, Ом·м	2,45e-7
Число принятых фрагментов по трубе	1000

Результаты расчетов представлены в формате текстовых файлов с разделителями «точка с запятой». Каждый такой файл содержит значения электрического потенциала в некотором заданном двумерном сечении трехмерной области Ω (рис. 1).

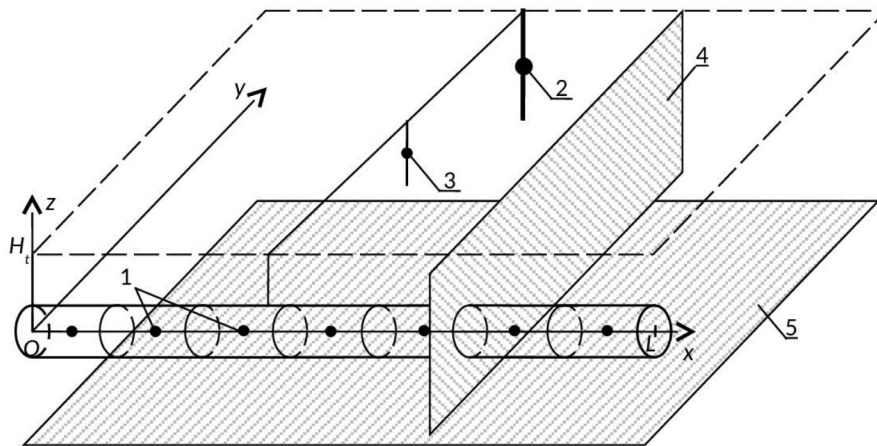


Рис. 1. Условная схема катодной защиты; фиктивные источники, соответствующие: 1 – фрагментам трубы, 2 – заглубленному аноду, 3 – защитному заземлителю; 4, 5 – плоскости визуализации

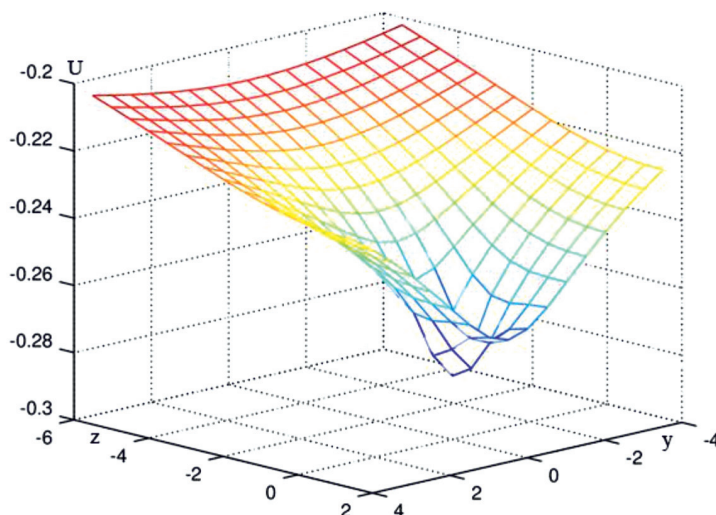


Рис. 2. Распределение потенциала (Эксперимент 1)

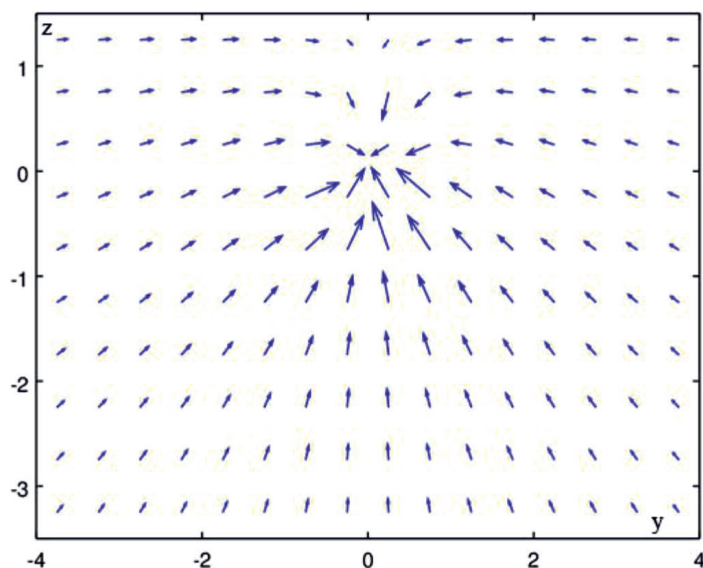


Рис. 3. Векторное поле плотности тока (Эксперимент 1)

Для визуализации результатов расчетов была разработана программа в математическом пакете Octave, осуществляющая импорт данных из файлов, вычисление компонент векторного поля, подготовку и графический вывод результатов [12]. Далее приведены некоторые результаты вычислительных экспериментов.

Эксперимент 1. Расчет электрического потенциала и векторного поля плотности тока в области $\Omega_1 = \{x = 3000; -4 \leq y \leq 4; -3,5 \leq z \leq 1,5\}$. Результаты приведены на рис. 2, 3.

Эксперимент 2. Расчет электрического потенциала и векторного поля плотности тока в области $\Omega_2 = \{4500 \leq x \leq 6500;$

$-600 \leq y \leq 600; z = -5\}$. Пример результата визуализации приведен на рис. 4.

Полученные результаты позволяют наблюдать следующее:

- На защищаемом участке наибольший электрический потенциал имеет место в точках, близких к заглубленному аноду, по мере удаления от которого потенциал снижается;

- Наименьшие значения потенциала наблюдаются вблизи трубопровода, который выступает в роли катода;

- На рис. 3, иллюстрирующем векторное поле плотности тока, наблюдается течение тока от участков с более высоким потенциалом к участкам с низким потенциалом.

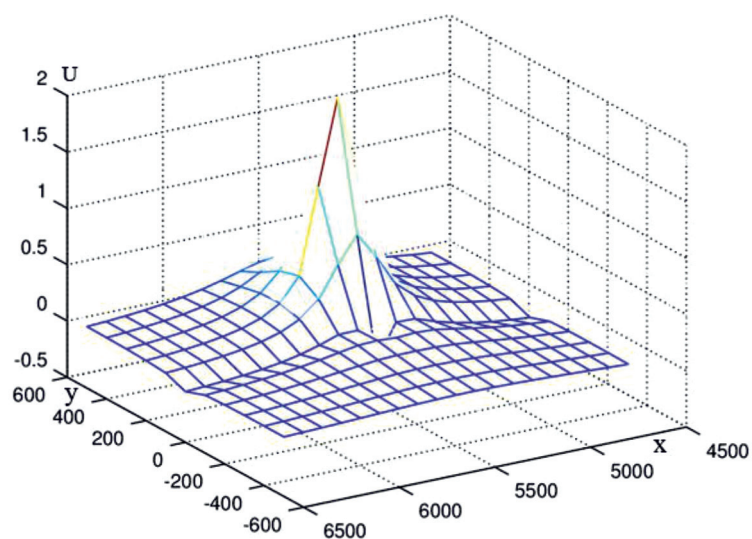


Рис. 4. Распределение потенциала (Эксперимент 2)

Заключение

Полученные результаты, общая картина и характер токораспределения согласуются с результатами натурных измерений, предлагаемые методы расчета и визуализации параметров электрического поля могут быть применены при проектировании и выборе режимов эксплуатации систем катодной защиты подземных трубопроводов.

Данная работа была выполнена в рамках государственного задания № 5753.

Список литературы

1. Глазов Н.П. Подземная коррозия трубопроводов, ее прогнозирование и диагностика. М.: Газпром, 1994. 92 с.
2. Дамаскин Б.Б., Петрий О.А., Цирлина Г.А. Электрохимия. СПб.: Лань, 2015. 672 с.
3. Калиткин Н.Н. Численные методы. СПб.: БХВ-Петербург, 2011. 592 с.
4. Ильин В.П. Численные методы решения задач электрофизики. М.: Наука, 1985. 336 с.
5. Болотнов А.М., Хисаметдинов Ф.З. Компьютерное моделирование электрических полей катодной защиты подземных трубопроводов // Математическое и программное обеспечение систем в промышл. и социальной сферах. 2015. Т. 3, № 1. С. 2–8.
6. Хисаметдинов Ф.З. Компьютерное моделирование особенностей распределения защитного потенциала подземного трубопровода вблизи катодной станции // Электротехнические системы и комплексы. 2015. № 4(29). С. 31–34.
7. Башаев М.А. Оптимизация режимов системы катодной защиты магистрального трубопровода // Коррозия территории нефтегаз. 2013. № 2(25). С. 58–61.
8. Болотнов А.М., Хисаметдинов Ф.З. Определение сопротивления изоляции трубопровода по результатам измерений разности потенциалов «грунт – труба» // Вестник Башкирского университета. 2017. Т. 22, № 1. С. 20–24.
9. Борисов Ю.М., Липатов Д.Н., Зорин Ю.Н. Электротехника. СПб.: БХВ-Петербург, 2012. 592 с.
10. Королев А.Л. Компьютерное моделирование. М.: Бинном. Лаборатория знаний, 2010. 232 с.
11. Марчук Г.И. Методы вычислительной математики. М.: Наука, 1989. 608 с.
12. Алексеев Е.Р., Чеснокова О.В. Введение в Octave для инженеров и математиков. М.: ALT Linux, 2012. 368 с.
13. Болотнов А.М., Башаев М.А., Хисаметдинов Ф.З. Интервальные вычисления в алгоритмах расчета электрических полей катодной защиты магистральных трубопроводов // Системы управления и информационные технологии. 2015. № 4(62). С. 71–74.

УДК 621.311

СИНТЕЗ НЕЧЕТКОГО АЛГОРИТМА КОМПЕНСАЦИИ РЕАКТИВНОЙ МОЩНОСТИ В ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СЕТИ С НЕЛИНЕЙНОЙ НАГРУЗКОЙ**Хисматуллин А.С., Григорьев Е.С.***ФГБОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», филиал, Салават, e-mail: gorynychzmey02@mail.ru*

Поддержание качества напряжения в электросети, а также компенсация реактивной мощности являются ключевыми задачами обеспечения эффективности работы электрических комплексов, включающих в себя узлы нагрузок с нелинейной вольт-амперной характеристикой. Компенсация высших гармоник тока существующими методами и алгоритмами с применением фильтрокомпенсирующих установок дают возможность решить задачу в рамках процесса изменчивости тока нелинейной нагрузки. Потребление нелинейной нагрузки сопровождается рядом процессов непредсказуемого характера, которые проявляются в соответствующем непостоянстве гармонического состава общего тока нагрузки. Данное обстоятельство способно коренным образом оказать влияние на величину и вектор потока реактивной мощности в сети и отрицательно подействовать на качество регулирования реактивной мощности существующими средствами. В статье разработаны алгоритм и схема регулирования конденсаторными установками в сетях с нелинейной нагрузкой, которые построены на математическом инструментарии нечеткой логики. Представлены и проанализированы результаты анализа имитационного моделирования предлагаемого нечеткого алгоритма на примере 14-узловой схемы IEEE. Полученные результаты доказывают, что при гармоническом составе, превышающем установленные нормы, разработанный алгоритм позволяет устранить сверхнормативную нагрузку конденсаторов от токов высших гармоник.

Ключевые слова: реактивная мощность, электрическая сеть, батареи статических конденсаторов, нелинейная нагрузка, нечеткая логика, нечеткие множества

SYNTHESIS OF FUZZY REFERENCE POWER COMPENSATION ALGORITHM IN ELECTRIC NETWORK WITH NONLINEAR LOAD**Khismatullin A.S., Grigorev E.S.***Ufa State Petroleum Technological University, Branch, Salavat, e-mail: gorynychzmey02@mail.ru*

Maintenance of voltage quality in the power grid, as well as compensation of reactive power are key tasks to ensure the efficiency of electrical systems, including load nodes with a nonlinear voltage-current characteristic. Compensation of higher harmonics of current by existing methods and algorithms with the use of filter compensating plants makes it possible to solve the problem within the process of current nonlinear load current variability. The consumption of nonlinear load is accompanied by a number of unpredictable processes that manifest themselves in the corresponding inconsistency of the harmonic composition of the total load current. This circumstance can radically influence the magnitude and vector of the reactive power flux in the network and adversely affect the quality of reactive power control by existing means. The algorithm and the control scheme for capacitor installations in networks with nonlinear load, which are built on mathematical tools of fuzzy logic, are developed in the article. The results of the simulation analysis of the proposed fuzzy algorithm are presented and analyzed using the example of the 14-node IEEE scheme. The obtained results prove that with a harmonic composition exceeding the established norms, the developed algorithm allows to eliminate the over-standard load of the capacitors from the currents of the higher harmonics.

Keywords: reactive power, electric network, static capacitor batteries, nonlinear load, fuzzy logic, fuzzy sets

Из-за сложности распределительных электрических сетей, неравномерного графика отпуска электроэнергии потребителям, развития возобновляемых источников энергии, периодические изменения схем, выполняемые для обеспечения бесперебойного питания потребителей, планирование и реализация мероприятий по повышению эффективности функционирования электрических сетей являются сложной задачей, решение которой в современных условиях невозможно без применения интеллектуальных средств автоматизации управления.

Совершенствование информационной инфраструктуры энергоснабжающих компаний, увеличение количества и пропускной способности проводных и беспровод-

ных каналов связи упрощает организацию и повышает конкурентоспособность распределенных автоматизированных систем управления, среди прочего и перетоками реактивной электроэнергии в распределительных электрических сетях.

Использование силовых преобразователей, электронного оборудования и других нелинейных нагрузок быстро растет в промышленности, а также среди потребителей. Эти устройства характеризуются нелинейной вольт-амперной характеристикой по сравнению с традиционными нагрузками, такими как, например, резистивные нагревательные элементы. Наиболее существенными задачами повышения эффективности работы электрических сетей, включающих

в себя узлы нагрузок с нелинейным характером потребления электрической энергии, являются компенсация реактивной мощности и обеспечение требуемого качества напряжения.

Из анализа мероприятий по уменьшению потерь электроэнергии и повышения ее качества в распределительных электрических сетях известно, что одним из самых эффективных способов является установление дополнительных источников реактивной мощности и управления ими [1, 2]. Последние, уменьшая токовые нагрузки линии электропередач и силовых трансформаторов, обеспечивают снижение потерь электроэнергии и повышения качества напряжения.

В промышленных электрических сетях для компенсации реактивной мощности обычно используют конденсаторные установки. Главным элементом таких комплексов является регулирующий элемент реактивной мощности, от функционального и технического исполнения которого зависит качество компенсации реактивной мощности [3, 4]. Такие регуляторы на сегодняшний день лишены интеллектуальной составляющей и не способны эффективно работать в сетях с нелинейной нагрузкой, поскольку не учитывают гармонический состав напряжения.

Исходя из вышесказанного, разработка мероприятий по компенсации реактивной мощности в современных условиях требует совершенствования существующих и разработки новых методов оптимизации и расчетных алгоритмов, которые бы учитывали не только особенности передачи электроэнергии распределительными сетями, но и эксплуатационные особенности современных источников реактивной мощности.

Современное развитие информационных технологий и вычислительных средств формирует предпосылки для применения других подходов к решению проблемы оптимизации потоков реактивной энергии. На текущий момент методы нечеткой логики широко внедряются в промышленное производство и позволяют повышать качество регулирования в условиях неполноты информации об объекте управления [5, 6]. Именно поэтому в противопоставление к вышеописанному подходу компенсации реактивной мощности предлагается нечеткий алгоритм.

Метод теории нечеткой логики применяет вместо булевой логики экспертные оценки и использует для формирования решения совокупность нечетких функций принадлежности и правил с несколькими выводами, позволяющие сформировать базу знаний системы [7, 8]. При этом на основе экспертных знаний определяются

терм-множества параметров, нечеткого регулирования [9, 10].

Цель исследования: разработка схемы и нечеткого алгоритма компенсации реактивной мощности в электрической сети с устройствами нелинейного характера потребления электроэнергии, а также его тестирование на базе программного комплекса «MATLAB».

Материалы и методы исследования

При разработке описываемого алгоритма управления реактивной мощностью в сети с нелинейными потребителями использовались математический инструментарий нечеткой логики и метод имитационного моделирования предложенных решений на базе 14-узловой схемы IEEE [11]. Осуществлен анализ результатов компьютерного моделирования.

Результаты исследования и их обсуждение

Разработанный нечеткий регулятор реактивной мощности представлен на рис. 1 и описан в виде структурных блоков:

- 1 – активная нагрузка;
- 2 – датчик реактивной мощности;
- 3 – датчик величины напряжения на питающей линии;
- 4 – скорость изменения реактивной мощности;
- 5 – счетчик количества переключений, совершаемых за день;
- 6 – нечеткий регулятор;
- 7 – блок фаззификации, используемый для преобразования четких сигналов Q , Q' , U , K_U , N в нечеткие множества μQ , $\mu Q'$, μU , μK_U , μN . При этом Q , Q' , U , K_U , N – реактивная мощность, вычисленное значение производной реактивной мощности, величина напряжения, коэффициент гармонических составляющих напряжения и количество выполняемых переключений соответственно, а μQ , $\mu Q'$, μU , μK_U , μN – функции принадлежности, которые соответствуют данным параметрам;
- 8 – блок нечеткого вывода (совокупность продукционных правил системы);
- 9 – блок дефаззификации;
- 10; 11 – база функций принадлежности нечетких множеств, входные эти сигналы и набор нечетких продукционных правил;
- 12 – коммутирующий блок;
- 13 – нагрузка нелинейного характера;
- 14 – показатели несинусоидальности напряжения (датчик).

Нечеткий регулятор реактивной мощности функционирует по следующему принципу. Параметры процесса, также величина переключений секций батарей статических конденсаторов N в виде четких сигналов поступают на нечеткий регулятор. Интерпретированные в фаззификаторе сформированные

рованные нечеткие множества поступают в механизм нечеткого логического вывода [12]. Нечеткие множества находятся следующим образом:

$$F = \text{fuzzifier}(Q, Q', U, K_U, N), \quad (1)$$

где Q, Q', U, K_U, N – совокупность четких сигналов, описанных выше;
 F – результат фаззификации;
 fuzzifier – оператор, позволяющий осуществить операцию фаззификации.

После этапа фаззификации необходимо обработать лингвистические выходные переменные, которые должны быть переведены в четкое значение. Цель состоит в том, чтобы получить управляющее воздействие, которое наилучшим образом соответствует полученным нечетким значениям лингвистических переменных. Для этого используется операция дефаззификации – обратного преобразования, которое выводит результат из нечеткой области обратно в четкие значения. Текущий метод формирует суммарный выход, учитывая все элементы результирующего нечеткого множества с соответствующими весами.

Регулирование потоков реактивной мощности в электрической сети с нелинейной нагрузкой реализовано программным образом. Блок-схема данного алгоритма, представлена на рис. 2. Параметры от датчиков, значение производной реактивной мощности (Q'), а также число совершаемых переключений секций батарей статических конденсаторов за день при увеличении коэффициента K_U выше нормы, поступают на блок нечеткого механизма принятия решения.

Решение переключения формируется с учетом текущих значений выходного вектора состояний секций с выдержкой времени в зависимости от числа выполняемых переключений и динамики изменения реактивной мощности. При невыполнении условия $K_U > K_U^{\text{норм}}$ происходит отключение секций батарей статических конденсаторов. При выполнении условия отключение секций батарей статических конденсаторов. При выполнении условия $\text{tg}\phi \leq \text{tg}\phi_{\text{уст}}$ работа нечеткого регулятора завершается, где $\text{tg}\phi$ и $\text{tg}\phi_{\text{уст}}$ – текущее и установленное значения коэффициента реактивной мощности соответственно.

Предлагаемый алгоритм был протестирован в программе «MATLAB», в комплексе «Simulink» на базе 14-узловой схемы IEEE (рис. 3). Испытательная схема включает в себя 14 шин, 5 генераторов и 11 нагрузок.

Полученные диаграммы нечеткого управления реактивной мощностью (а) и $\text{tg}\phi$ (б) изображены на рис. 4 (♦ – исходный режим, ■ – режим с использованием нечеткого регулирования, ▲ – режим с учетом K_U).

Как видно из рис. 4, в соответствии с управлением при учете значения гармонических составляющих напряжения нечеткий регулятор формирует управляющие сигналы только при его малых значениях и значениях, находящихся в пределах нормы. При управлении значения $\text{tg}\phi$ в некоторые моменты времени (например, в период 4–7 ч. $\text{tg}\phi = 0,71$) получаются выше нормы. Но, несмотря на это, даже если гармонические составляющие напряжения выше нормы, предотвращаются перегрузка батарей статических конденсаторов.

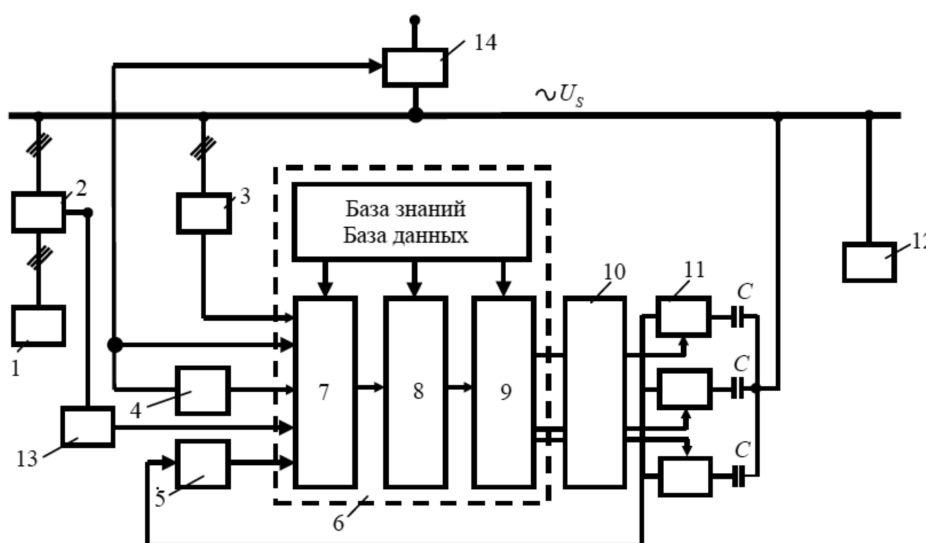


Рис. 1. Структурная схема нечеткого регулятора реактивной мощности

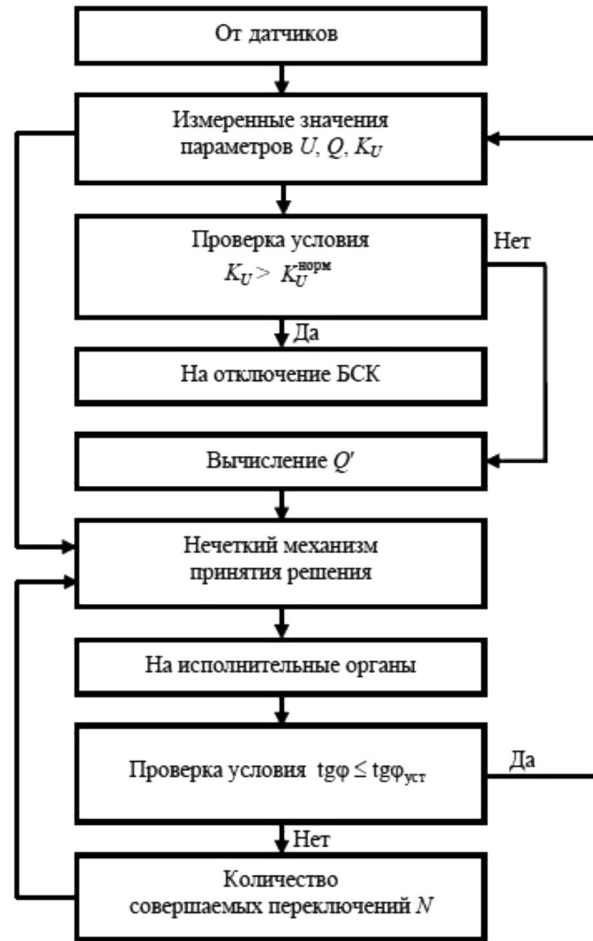


Рис. 2. Нечеткий алгоритм компенсации реактивной мощности

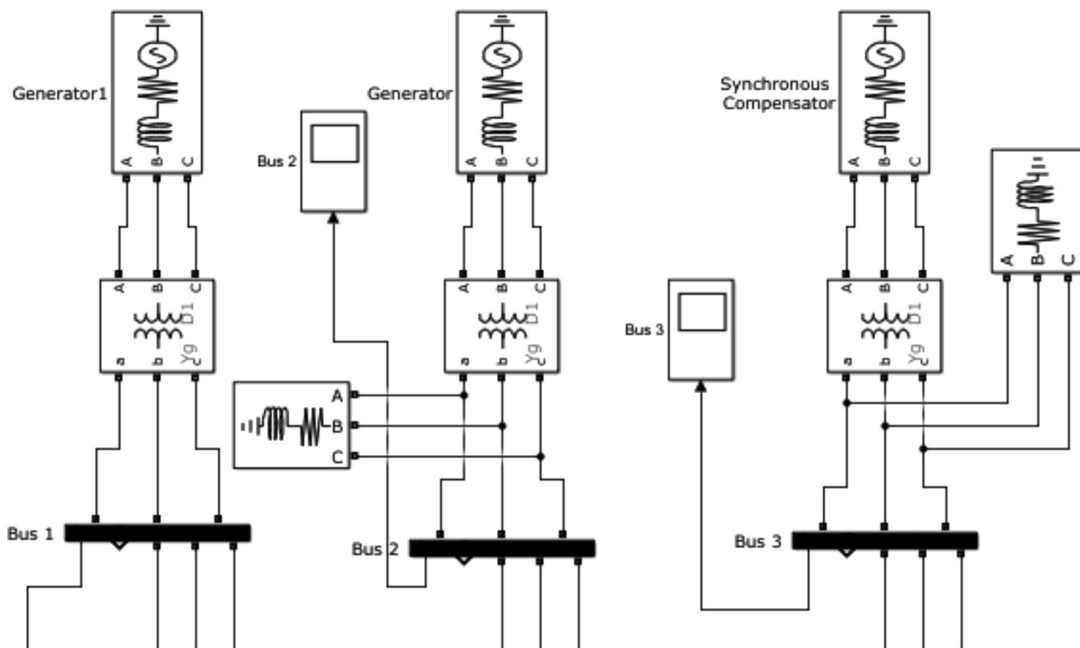


Рис. 3. Фрагмент 14-узловой схемы IEEE в «MATLAB»

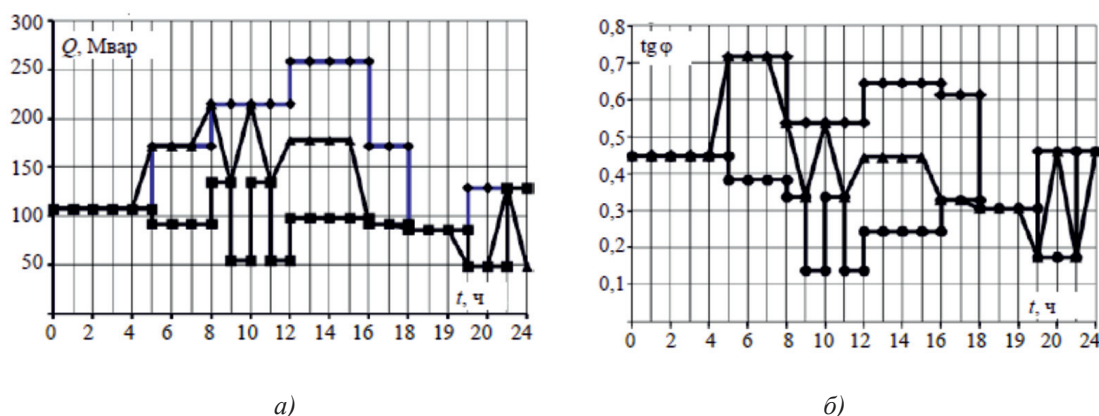


Рис. 4. Результаты моделирования предложенных решений (диаграмма реактивной мощности (а) и $\text{tg}\phi$ (б))

Данные методы могут качественным образом повлиять на срок службы конденсаторной батареи, а также снизить количество мероприятий по осуществлению текущего и капитального ремонтов по отношению к ней. Уменьшается вероятность отказа конденсаторной батареи и повышается надежность при эксплуатации.

Заключение

Таким образом, на базе математического аппарата нечеткой логики предложен алгоритм нечеткого регулирования реактивной мощности в электросети с нелинейными потребителями электрической энергии. Данное решение дает возможность поддерживать коэффициент реактивной мощности $\text{tg}\phi$ в рамках, регламентируемых в технических условиях для потребителей, а также может применяться для обеспечения нормального эксплуатационного состояния батарей статических конденсаторов.

Список литературы

1. Карпов Ф.Ф. Компенсация реактивной мощности в распределительных сетях. М.: Энергия, 2011. 182 с.
2. Железко Ю.С. Компенсация реактивной мощности в сложных электрических системах. М.: Энергоиздат, 2011. 200 с.
3. Копытов Ю.В., Железко Ю.С., Файницкий В.В. Требования по компенсации реактивной мощности потребителей электроэнергии // Промышленная энергетика. 2012. № 11. С. 39–42.
4. Жежеленко И.В. Показатели качества электроэнергии на промышленных предприятиях. М.: Энергия, 2010. 184 с.

5. Правила пользования электрической и тепловой энергией. М.: Энергоиздат, 1999. 174 с.

6. Ермилов А.А. Основы электроснабжения промышленных предприятий. М.: Энергия, 2014. 368 с.

7. Попов Н.А. Вакуумные выключатели. М.: Энергия, 2013. 112 с.

8. Бронштейн А.М. Исследования дугогасительных устройств выключателей высокого напряжения. М.: Информэлектро, 2009. Вып. 1. 58 с.

9. Красник В.В. Автоматические устройства по компенсации реактивных нагрузок в электросетях предприятий. М.: Энергия, 2015. 112 с.

10. Хисматуллин А.С., Григорьев Е.С. Управление конденсаторными установками на базе нечеткого регулятора с двойной базой правил // Экология и ресурсосбережение в нефтехимии и нефтепереработке: материалы Международной научно-технической конференции, посвященной 40-летию кафедры химико-технологических процессов филиала Уфимского государственного нефтяного технического университета в г. Салавате и году экологии. Уфа: Изд-во УГНТУ, 2017. С. 219–221.

11. Хисматуллин А.С., Григорьев Е.С. Имитационное моделирование компенсации реактивной мощности на базе батарей статических конденсаторов в программном комплексе Simulink // Актуальные направления научных разработок в технических вузах нефтегазового профиля: материалы Международной научно-технической конференции «Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля 2018» Уфа: Изд-во УГНТУ, 2018. С. 138–141.

12. Веников В.А., Жуков Л.А., Карташов И.И. Статические источники реактивной мощности в электрических сетях. М.: Энергия, 2005. 135 с.

13. Хисматуллин А.С., Григорьев Е.С. Нечеткий алгоритм компенсации реактивной мощности на базе батарей статических конденсаторов // Актуальные направления научных разработок в технических вузах нефтегазового профиля: материалы Международной научно-технической конференции «Интеграция науки и образования в вузах нефтегазового профиля 2018». Уфа: Изд-во УГНТУ, 2018. С. 141–143.

УДК 004.9

ГЕОИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ КАК ИНСТРУМЕНТ МОНИТОРИНГА СИСТЕМЫ ЗДРАВООХРАНЕНИЯ НА РЕГИОНАЛЬНОМ УРОВНЕ

¹Хрипунова А.А., ¹Агапитова П.Д., ²Приходько Р.А., ²Панин А.Н.,
¹Максименко Е.В., ¹Хрипунова И.Г.

¹ФГБОУ ВО «Ставропольский государственный медицинский университет»
Минздрава России, Ставрополь, e-mail: fktcz2007@yandex.ru;

²ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь

В статье рассматривается пример создания геоинформационной системы для сбора, последующего анализа и хранения информации в системе здравоохранения субъекта РФ. Разработан информационный ресурс в виде геопортального решения, реализованного по «клиент/серверной» технологии, который позволит медицинским учреждениям и органам управления здравоохранения осуществлять мониторинг показателей здравоохранения на уровне отдельных территорий и региона в целом. Сформирована пространственно-временная база, которая позволила провести анализ динамики заболеваемости и смертности в различных районах Ставропольского края с учетом половой и возрастной структуры населения. Создан банк геоданных, нанесена на картографическую основу сеть государственных медицинских организаций края с атрибутивной информацией и возможностью формирования паспорта по каждому учреждению. В качестве хранилища используется база геоданных, а оперативное обновление информации обеспечивает функционал ARCGIS. Клиентская часть построена на базе платформы Silverlight. Пользовательский интерфейс с геоинформационным функционалом реализуется через тонкого клиента (интернет-браузер). Геоинформационный портал «Система здравоохранения Ставропольского края» позволяет наглядно отображать сложившуюся демографическую и эпидемиологическую обстановку, осуществлять мониторинг динамики заболеваемости и смертности населения края и на основании анализа полученных данных принимать грамотные управленческие решения.

Ключевые слова: геоинформационные системы, картографические сервисы, ресурсы здравоохранения, управление медицинскими организациями, информатизация здравоохранения

GEOINFORMATIONAL TECHNOLOGIES AS MONITORING INSTRUMENT FOR THE HEALTH SYSTEM AT THE REGIONAL LEVEL

¹Khripunova A.A., ¹Agapitova P.D., ²Prikhodko R.A., ²Panin A.N.,
¹Maksimenko E.V., ¹Khripunova I.G.

¹Stavropol State Medical University, Stavropol, e-mail: fktcz2007@yandex.ru;

²North-Caucasian Federal University, Stavropol

The article considers an example of creating a geoinformation system for the collection, subsequent analysis and storage of information in the healthcare system of a subject of the Russian Federation. An information resource has been developed in the form of a geoportal solution implemented in a «client / server» technology that will allow healthcare institutions and health authorities to monitor health indicators at the level of individual territories and the region as a whole. A spatio-temporal base was formed that allowed to analyze the dynamics of morbidity and mortality in various regions of the Stavropol Territory, taking into account the sex and age structure of the population. A geodatabase was created, the network of state medical organizations of the region with attributive information and the possibility of forming a passport for each institution was put on a cartographic basis. As a repository, the geodatabase is used, and the online update of the information provides the functionality of ARCGIS. The client part is built on the Silverlight platform. The user interface with geoinformation functionality is realized through a thin client (Internet browser). The geoinformation portal «Healthcare System in the Stavropol Territory» makes it possible to clearly visualize the existing demographic and epidemiological situation, monitor the dynamics of the morbidity and mortality of the region's population and, on the basis of the analysis of the data obtained, make informed management decisions.

Keywords: geoinformation systems, cartographic services, resource of the health system, management of medical organizations, informatization of the health system

Качество медицинских услуг населению и их доступность повысились благодаря новейшим технологиям в области не только медицины, но и информатики. Именно она повлияла на эффективность как планирования, так и управления всей системой здравоохранения [1, 2].

Для того чтобы изучить состояние здоровья человека, причину его болезни, а так-

же уровень смертности в целом, создаются специальные инструменты. Геоинформационные технологии – это один из таких инструментов, они позволяют анализировать территорию в комплексе с целью принятия решений в области управления. При помощи постоянного совершенствования программных продуктов такие технологии могут сохранять огромный массив различного

рода информации и отражать ее с привязкой к конкретной территории. Благодаря этим функциям системы легче проводить аналитику как количественных, так и качественных данных в региональных показателях здравоохранения [2].

Географические информационные системы (ГИС) – это комплекс, состоящий как из аппаратной части, так и из программной. ГИС обеспечивают не только сбор и хранение, но также распространение территориально объединенных данных и иной информации, имеющей отношение к определенному району, для того чтобы в дальнейшем использовать эти сведения для решения научно-практических задач. Системы предназначены для решения всех видов задач, которые связаны с анализом, прогнозами, учетом, моделированием и управлением окружающей средой, а также познанием в образовательной сфере [3].

Географические информационные системы состоят из следующих подсистем:

1. «Сбор данных». Ее задача исходя из названия – сбор информации из разнообразных источников, а также ее предварительная обработка. Кроме того, подсистема обеспечивает преобразование разных видов пространственной информации.

2. «Хранение и выборка данных». Задача этой подсистемы – организовать процесс выборки, изменения и обновления информации.

3. «Обработка и анализ информации». Подсистема может группировать данные, разделять их, устанавливать параметры, ограничивать поток информации, а также выполнять функции моделирования.

4. «Вывод информации». Подсистема отражает все имеющиеся в базе данные или их часть в виде таблицы, диаграммы или карты.

Существующие сегодня информационные средства – это отличные массивы данных, объединяющие их. ГИС обеспечивает не только пространственный анализ, но и моделирование и визуализацию. Они оказывают разностороннюю поддержку медицинским организациям в решении многочисленных задач, расширении перечня выполняемых исследований, изображении результатов работы (в том числе исследований) в удобочитаемой форме (например, при помощи карт) [4].

ГИС помогает органам управления в области здравоохранения усовершенствовать сбор информации по оказываемым услугам, составлять отчеты на основании этой информации, анализировать и систематизировать данные о состоянии не только человека, но и всего населения, о распространенности заболеваемости, в том числе при опасных для социума болезнях [5].

Функционирующие в настоящее время в Российской Федерации интерактивные карты, а также связанные с ними базы данных (созданные при помощи ГИС) способствуют улучшению процессов обмена информацией между учреждениями и гражданами [6].

ГИС может выступать в качестве подсистем в региональных частях единой государственной системы в области здравоохранения и внедряться на региональном уровне в следующих вариантах:

1) в качестве подсистемы информационной системы под названием «Запись на прием к врачу» на сайтах или на информационных стендах;

2) в рамках географического информационного обеспечения регистров медучреждений областей, медоборудования, кадров и техники;

3) для решения задач региона по оптимизации ресурсов здравоохранения, улучшения их качества;

4) в рамках географического информационного обеспечения специальных регистров по некоторым разделам медицины или по категориям пациентов с целью последующего наблюдения (например, анализа и прогнозирования болезни, выявления связей между причиной и следствием и т.п.);

5) в диспетчерских системах скорой помощи на районном уровне с целью оптимизации их работы в процессе госпитализации пациентов, отражения данных о пациенте при персональном наблюдении каких-либо заболеваний (в таких случаях часто используются технологии ГЛОНАСС или GPS);

6) в качестве подсистем крупных порталов с открытыми данными.

Сегодня отчетность медицинских учреждений, наблюдение за разными показателями представляют собой огромный массив неструктурированной информации, которая имеется как в электронном, так и в бумажном виде [7]. Для того чтобы провести полноценный анализ и оценку этого объема данных, нужно связать их воедино и создать единую сеть. При этом из-за различных форматов информации возникает проблема, связанная с невысокой скоростью загрузки данных, обновления и анализа их, а также подготовки прогнозов [8]. Такая ситуация ведет к тому, что ценная информация теряется, а время реагирования государственных и муниципальных органов на проблемы в области здравоохранения намного увеличивается. Огромные потоки информации сложно соединить в единую сеть, приравнять к одному формату, проводить их анализ и изображать наглядным образом [9].

ГИС-технологии расширяют традиционные возможности визуализации пространственной информации, используя представление данных в виде графиков, таблиц и диаграмм, связанных с картой местности, а также позволяют оперативно отражать изменения показателей [1, 2]. ГИС-инструменты объединяют большие массивы данных в единую систему и отражают их пространственное размещение на конкретных территориях, что облегчает анализ и сравнение различных показателей [10].

Таким образом, осуществление мониторинга показателей здравоохранения Ставропольского края является важной задачей, требующей комплексного подхода к ее решению. Актуальность проблемы обусловлена необходимостью повышения эффективности и оперативности принятия управленческих решений в здравоохранении и развитием регионального сегмента единой государственной информационной системы в сфере здравоохранения (ЕГИСЗ).

Цель исследования: разработка инструмента на основе ГИС-технологий для мониторинга деятельности системы здравоохранения региона и повышения эффективности управления в отрасли.

Материалы и методы исследования

В рамках данного исследования разработан информационный ресурс в виде геопортального решения, который позволит медицинским учреждениям и органам управления здравоохранения осуществлять мониторинг показателей здравоохранения на уровне отдельных территорий и региона в целом. Представленная информация классифицируется по территориальному признаку (районы и отдельные населенные пункты края), половозрастной структуре населения, классам заболеваний, типам медицинских организаций и т.д. Пространственная база данных включает информацию о сети учреждений здравоохранения региона, их материально-технической базе и кадровому обеспечению, а также основные демографические показатели территории и структуру заболеваемости населения. Отображение атрибутивной информации по каждому показателю с картографической локализацией обеспечивает набор слоев.

Геопортальное решение реализовано по «клиент/серверной» технологии. В качестве хранилища используется база геоданных, а оперативное обновление информации обеспечивает функционал ARCGIS. Клиентская часть построена на базе платформы Silverlight. Пользовательский интерфейс с геоинформационным функционалом реализуется через тонкого клиента (интернет-браузер).

Информационно-картографическая система состоит из серверного и клиентского программного обеспечения, цифровой картографической базы данных, а также комплекта эксплуатационной документации. Серверная часть функционирует на базе операционной системы Windows Server и веб-сервера IIS7 (Internet Information Server V.7). Приложение Arcgis Server обеспечивает правильное отображение

пространственной информации в «тонком клиенте» за счет совместной обработки данных картографических слоев и территориально локализованных показателей цифровой базы данных. В информационно-картографической системе реализовано разграничение прав доступа пользователей, применяется парольная защита. Для ознакомительного доступа существует возможность гостевого входа. В качестве базовой программной оболочки используется Arcgis for Desktop и Arcgis for Server версий 10.2.

Результаты исследования и их обсуждение

На начальном этапе исследования были изучены пространственная и организационная структуры системы здравоохранения Ставропольского края, основные демографические показатели и заболеваемость населения, а также определены основные направления повышения качества управления медицинскими организациями на уровне региона.

На основании проведенного комплексного анализа создан банк геоданных, нанесена на картографическую основу сеть медицинских организаций края с атрибутивной информацией с возможностью формирования паспорта по каждому учреждению. Разработаны и оцифрованы маршруты госпитализации пациентов на основе картографических сервисов. Различные модули геопортала объединены в геоинформационную систему, регулярно осуществляется редактирование и обновление данных (рис. 1).

Структура геопортала «Система здравоохранения Ставропольского края» содержит следующие сведения:

- показатели заболеваемости и смертности по основным классам болезней (согласно МКБ-10) за 15 лет;
- сеть медицинских организаций края;
- модель транспортной доступности и оптимальные маршруты госпитализации пациентов (рис. 2).

На основе анализа статистической информации создан уникальный онлайн-инструмент, не только отражающий текущее состояние системы здравоохранения края, но и позволяющий моделировать динамику заболеваемости и смертности населения региона и на основе полученных данных принимать эффективные управленческие решения.

В рамках проекта разработаны и предложены:

- система пространственного мониторинга и анализа демографических показателей и заболеваемости населения;
- методика оценки эффективности работы медицинских организаций;
- инструменты для реализации оптимальных транспортных маршрутов при госпитализации и оказании неотложной помощи;

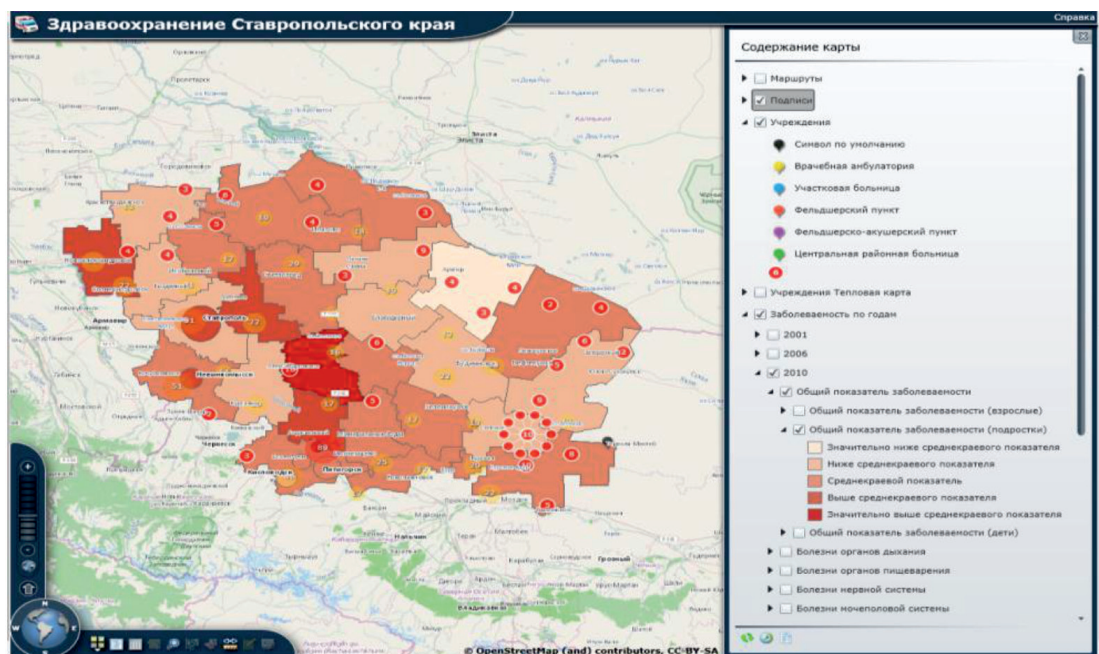


Рис. 1. Реализация системы мониторинга и пространственного анализа заболеваемости и смертности

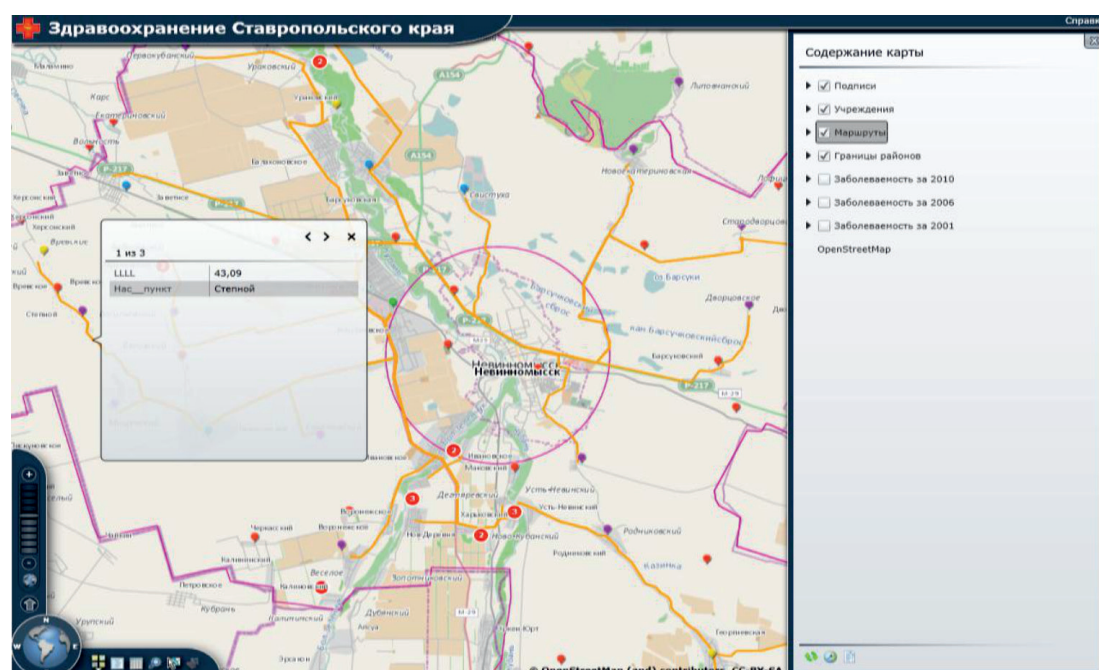


Рис. 2. Схема маршрутизации пациентов

– модель территориальной организации учреждений здравоохранения, позволяющая повысить доступность медицинской помощи для населения региона.

Геопортал представлен следующими модулями:

1) модуль расчета оптимальных маршрутов госпитализации;

2) модуль прогнозирования медико-демографической ситуации;

3) модуль расчета эффективности медицинских организаций.

Предусмотрена возможность интеграции геопортала в информационные системы Министерства здравоохранения и краевого управления Роспотребнадзора. Также

информационный ресурс может быть реализован как самостоятельный модуль для медицинских организаций.

Заключение

Представленный геоинформационный портал «Система здравоохранения Ставропольского края» позволяет отображать текущую медико-демографическую и эпидемиологическую ситуацию, осуществлять анализ динамики заболеваемости и смертности и на основании полученных данных прогнозировать потребность населения в медицинской помощи.

Геопортал может быть использован как информационно-аналитический ресурс для мониторинга состояния системы здравоохранения, подготовки справочной и отчетной информации с учетом территориальных различий, формирования прогноза и определения перспективных направлений развития отрасли и в конечном итоге как инструмент для повышения эффективности выработки управленческих решений на уровне региона.

Необходимо признать, что ГИС-аналитика сложнее традиционных статистических методов и основной проблемой здесь является недостаточное количество исходной информации, что в значительной мере обусловлено ведомственной разобщенностью организаций, получающих и обобщающих данные от учреждений здравоохранения, а также имеющие место недостатки методики их сбора и хранения [2]. Однако ГИС-инструменты и сервисы предоставляют уникальную возможность расширенного анализа данных за счет использования комплекса аналитических функций и средств пространственной визуализации.

Работа выполнена за счет средств гранта по программе «УМНИК» Фонда содействия развитию малых форм предприятий в научно-технической сфере (2015–2017 гг.).

Список литературы

1. Нямцу А.М. и др. Географические информационные системы в здравоохранении // Медицинская наука и образование Урала. 2013. Т. 14. № 3 (75). С. 162–164.
2. Жукова Н.В. Использование геоинформационных систем в здравоохранении // Ученые заметки ТОГУ. 2013. Т. 4. № 4. С. 1715–1726.
3. Martin-Lesende I., Orruño E., Cairo C. Assessment of a primary care-based telemonitoring intervention for home care patients with heart failure and chronic lung disease. The TELBIL study. BMC Health Services Research. 2011. vol. 11. P. 56.
4. Spanjers R., Rutkowski A.F. The Telebaby Case. In: EHealth Care Information Systems: An Introduction for Students and Professionals. T. Tan eds. John Wiley & Sons. 2005. P. 27–36.
5. Мерабишвили В.М., Старинский В.В., Струков Д.Р. Использование геоинформационных систем и методов пространственного анализа в онкоэпидемиологических исследованиях // ArcReview. 2012. № 1 (60). С. 28–32.
6. Информационные технологии в медицине / ред. Г.С. Лебедев, О.В. Симаков, Ю.Ю. Мухин. М.: Радиотехника, 2010. 152 с.
7. Колесник А.Ю. Международный опыт мониторинга медицинских услуг и оценка результативности в сфере здравоохранения. USAID, 2005. 97 с.
8. Васильков В.Г., Сафронов А.И., Щукин В.С., Бершадский А.М. Реализация концепции информационно-справочного обеспечения клинической деятельности в медицине критических состояний // Информационные технологии. 1998. № 5. С. 35–38.
9. Шалковский А.Г., Купцов С.М., Берсенева Е.А. Актуальные вопросы создания автоматизированной системы дистанционного мониторинга здоровья человека // Врач и информационные технологии. 2016. № 1. С. 67–79.
10. Красильников И.А., Мусийчук Ю.И., Струков Д.Р. Практический опыт использования геоинформационных систем в поддержке принятия управленческих решений в здравоохранении Санкт-Петербурга // ArcReview. 2012. № 1 (60). С. 42–46.

УДК 004.65(470.57)

**РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ
«ВОДНЫЕ РЕСУРСЫ РЕСПУБЛИКИ БАШКОРТОСТАН»****Хусаинова Г.Я., Хусаинов И.Г.***Стерлитамакский филиал Башкирского государственного университета, Стерлитамак,
e-mail: gkama@mail.ru, ivt30@mail.ru*

В работе проектирована и создана информационная система «Водные ресурсы Республики Башкортостан». Водные объекты являются одним из важнейших экологически значимых компонентов экосистемы. Они изучаются в качестве самостоятельного объекта при исследовании окружающей среды. В работе изучены водные ресурсы Республики Башкортостан: реки, озера, водоемы, водохранилища и другие водоемы. Материал собран из различных справочников, книг и других источников, в том числе электронных. Вся информация собрана в единую базу данных. Для увеличения числа пользователей информационная система содержит не только информацию о водных ресурсах, но также в ней имеются данные о районах (занимаемая площадь, состав населения и т.п.), в которых расположены эти ресурсы. База данных содержится в семи таблицах, которые созданы в системе управления базами данных Microsoft Access. Интерфейс информационной системы, т.е. возможности просмотра, добавления, редактирования, удаления сведений о водных объектах и другие действия реализованы при помощи системы программирования Borland Delphi. Система позволяет сохранять нужную информацию в файлах Microsoft Word. Информационная система может быть использована в учебном процессе в школах и высших учебных заведениях.

Ключевые слова: водные ресурсы, район, база данных, ER диаграмма, проектирование, таблица**DEVELOPMENT OF THE INFORMATION SYSTEM
«WATER RESOURCES OF THE REPUBLIC OF BASHKORTOSTAN»****Khusainova G.Ya., Khusainov I. G.***Sterlitamak branch Bashkir State University, Republic of Bashkortostan, Sterlitamak,
e-mail: gkama@mail.ru, ivt30@mail.ru*

The information system «Water Resources of the Republic of Bashkortostan» was designed and created in the work. Water bodies are one of the most important ecologically significant components of the ecosystem. They are studied as an independent object in the study of the environment. Water resources of the Republic of Bashkortostan are studied: rivers, lakes, reservoirs, reservoirs and other water bodies. The material is collected from various reference books, books and other sources, including electronic ones. All information is collected in a single database. To increase the number of users, the information system contains not only information about water resources, but also there are data on the areas (occupied area, population composition, etc.) in which these resources are located. The database is contained in seven tables that are created in the Microsoft Access database management system. The interface of the information system, i.e. The ability to view, add, edit, delete information about water objects and other actions are realized using the Borland Delphi programming system. The system allows you to save the necessary information in Microsoft Word files. The information system can be used in educational process in schools and higher educational institutions.

Keywords: water resources, area, database, ER diagram, design, table

Вода – величайший дар природы, необходимый элемент для растений, животных, птиц, рыб, насекомых, человека и функционирования многих производственных объектов. Ресурсы водных объектов всегда будут являться одним из главных элементов природной среды и играть важную роль в развитии нашего общества.

Водных ресурсов Республики Башкортостан много и они очень разные – это реки, озера, водопады, водохранилища и другие. Разработка информационной системы «Водные ресурсы Республики Башкортостан» дает возможность хранить и структурировать разнообразную информацию о водных объектах.

Цель исследования: создание информационной системы «Водные ресурсы Республики Башкортостан».

Материалы и методы исследования

Процесс проектирования информационной системы условно можно разделить на два этапа: логическое моделирование и физический дизайн. Результатом первой из них является так называемая логическая (или концептуальная) модель данных, обычно выражаемая диаграммой ER (Entity-Relationship). Результатом второго этапа является готовая база данных или SQL-запрос для ее создания [1–2].

Логическая модель данных описывает факты и объекты, которые должны быть зарегистрированы в будущей базе данных. Основными компонентами такой модели являются сущности, их атрибуты и связи между ними.

На этапе логического проектирования для каждого атрибута обычно определяется приблизительный тип данных (строка, число). Спецификация возникает на этапе физического проектирования, поскольку разные СУБД поддерживают разные типы данных и ограничения по их длине или точности [3]. Структура таблиц с полями информационной системы «Во-

дные ресурсы Республики Башкортостан» представлена в таблице.

Для описания концептуальных схем домена была составлена ER-модель, на которой идентифицированы ключевые сущности и связи, которые могут быть установлены между этими объектами. Модель «сущность – связь» или ER-модель является наиболее известным представителем класса семантических доменных моделей.

Результаты исследования и их обсуждение

Структура базы данных «Водные ресурсы Республики Башкортостан» в виде ER-диаграммы представлена на рисунке. На рисунке приведены связи между сущностями «Район», «Река», «Озеро», «Болото», «Водопад», «Водохранилище», «Родник». Каждая сущность имеет множество атрибутов. Ключевые атрибуты на ER-диаграмме выделены жирным шрифтом.

Физическое проектирование базы данных – это процедура подготовки отображения реализации базы данных во вторичных запоминающих устройствах. В данном этапе рассматриваются ключевые связи, формирование файлов и индексов, специализированных с целью предоставления результативного допуска к сведениям, а кроме того абсолютно всех сопряженных ограничений единства и средств защиты с неразрешенного допуска [4].

Как правило, главной целью физического проектирования базы данных считается представление метода физического осуществления логического плана базы данных. Чтобы перейти к физической реализации модели, необходимо определить поля и их типы данных.

Таблицы информационной системы «Водные ресурсы Республики Башкортостан» созданы в среде Microsoft Access.

Таблица «Район» содержит основную информацию о районах, расположенных на территории Республики Башкортостан. Первичный ключ в таблице – «код_реки», с помощью которого будет осуществляться связь с другими таблицами.

Таблицы «Река», «Озеро», «Болото», «Водопад», «Водохранилище», «Родник» содержат информацию соответственно о реках, озерах, болотах, водопадах, водохранилищах и родниках Республики Башкортостан. Все они имеют вторичный ключ поле «Местоположение», который связывает эти таблицы с таблицей «Район».

Информационная система «Водные ресурсы Республики Башкортостан» предназначена для просмотра, добавления, редактирования, удаления сведений о водных объектах республики Башкортостан. База данных реализуется при помощи распространенной системы программирования Borland Delphi [5].

В базу данных занесены основные сведения по водным ресурсам республики Башкортостан. В основе внедренных данных сформированы фильтры на поиск нужной информации (по названиям, районам, размерам и так далее).

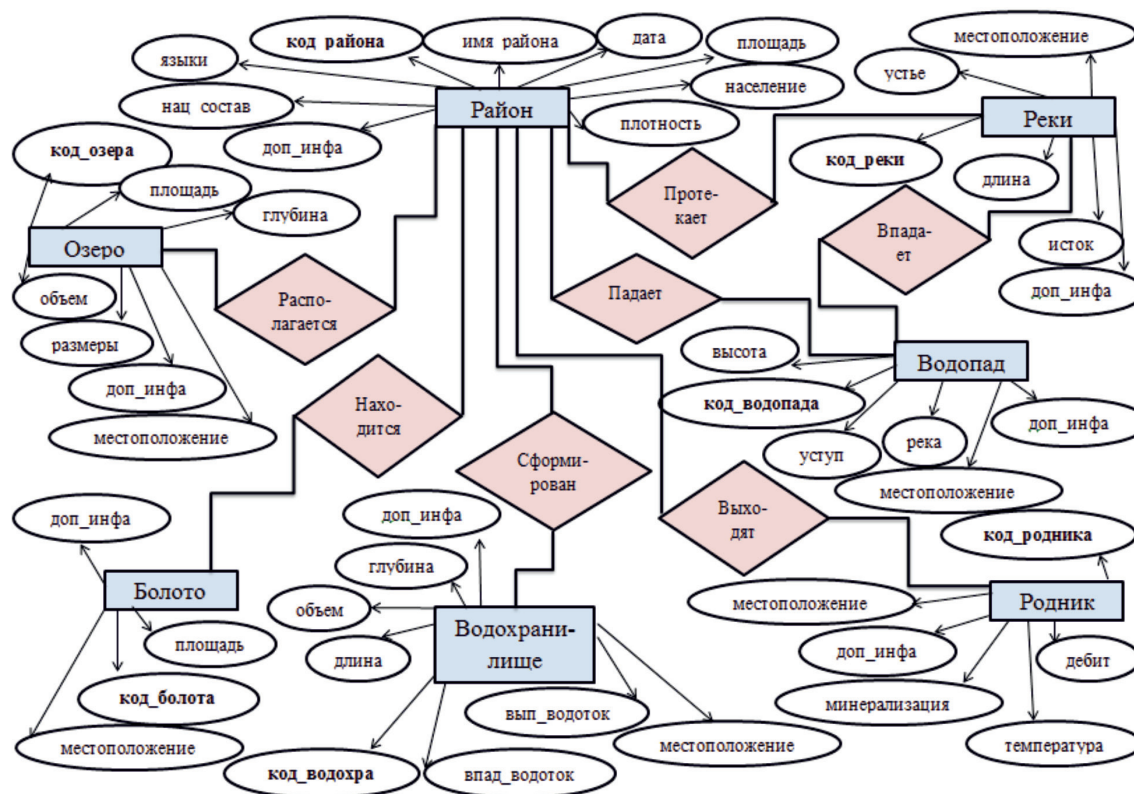
Работа с программой начинается с основного окна, на котором отображается верхнее меню и картинка с названием программы.

При выборе вкладки «Районы» на главной форме появляется таблица, содержащая сведения о районах (имя района, дата основания, площадь, численность и плотность населения, официальные языки, национальный состав), ниже в небольших полях полностью дублируется для удобства чтения дополнительная информация, языки и национальный состав. Есть быстрый поиск по имени района: по мере набора текста выводятся найденные записи. Можно применить несколько фильтров: для этого необходимо переключить режим с одного фильтра на несколько.

Ниже располагаются различные сортировки: по имени района, дате его основания, площади, населению, плотности. В совокупности со всеми вышеперечисленными возможностями сортировки можно применить по возрастанию и убыванию.

Сущности и их атрибуты

Сущность	Атрибуты
Район	код_района, имя_района, дата, площадь, население, плотность, языки, нац_состав, доп_инфа
Река	код_реки, имя_реки, длина, устье, исток, доп_инфа, местоположение
Озеро	код_озера, имя_озера, длина, средняя_ширина, площадь, объем, средняя_глубина, доп_инфа, местоположение
Болото	код_болота, имя_болота, площадь, доп_инфа, местоположение
Водопад	код_водопада, имя_водопада, высота, уступ, река, доп_инфа, местоположение
Водохранилище	код_водохран, имя_водохранилища, длина, объем, глубина, впад_водоток, выг_водоток, доп_инфа, местоположение
Родник	код_родника, имя_родника, температура, дебит, минерализация, доп_инфа, местоположение



ER-диаграмма базы данных «Водные ресурсы Республики Башкортостан»

Для таблицы «Район» было решено сделать сортировку по количеству населения. Пользователь может установить критерии для сортировки: по возрастанию или по убыванию. Аналогичным образом была реализована сортировка по площади района.

В базу данных можно добавить новые записи, отредактировать уже существующие или удалить их. Найти такие функции можно во вкладке «Правка».

Окно «Добавить» осуществляет функцию добавление новой записи, для этого пользователь должен заполнить все поля и нажать кнопку «Сохранить и выйти». После этого запись будет отображаться в таблице.

Окно «Редактирование» помогает внести изменения в уже добавленную запись, это необходимо потому, что при добавлении записи пользователь мог допустить ошибку, а также для того, чтобы заменить устаревшие данные актуальными. Чтобы внесенные изменения были сохранены, необходимо нажать кнопку «Сохранить и выйти». Окно «Редактирование» имеет возможность перехода к предыдущей записи, последую-

щей записи, а также пользователь может вернуться к первой записи и перейти к последней.

Если запись была ошибочно добавлена в таблицу, то можно удалить ее, выбрав в таблице соответствующую строку и нажать «Удалить». После чего появится окно о предупреждении удаления выбранной записи. Это необходимо, чтобы избежать случайного удаления записи.

Во вкладке «Показать» выбираются соответствующие водные ресурсы для отображения на главной форме.

Если возникнет необходимость для предоставления информации в бумажном варианте, то программа оснащена функцией для печати текущей открытой вкладки. В меню следует выбрать «Печать». Откроется окно предварительного просмотра, после чего можно нажать печать. Информацию можно сохранить в файле Microsoft Word.

Заключение

Таким образом, в работе изложены основные этапы разработки информационной системы «Водные ресурсы Ре-

спублики Башкортостан». В базе данных программы находится информация более 300 рек, 9 водохранилищ, 20 озер, 10 водопадов, несколько родников и болот. В дополнение ко всему имеются сведения о районах Республики Башкортостан. Информационная система может быть использована в учебном процессе в школах и высших учебных заведениях, а также соответствующими организациями и всеми интересующимися водными ресурсами Республики Башкортостан.

Список литературы

1. Баранова М.А., Хусаинова Г.Я. Разработка базы данных «Экология почвы» // Интеграция наук. 2017. Т. 2. № 2 (6). С. 50–52.
2. Хусаинов И.Г., Рахимова Р.А. Роль интерактивных технологий на уроках информатики в развитии этического воспитания учащихся // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 3; URL: <http://www.science-education.ru/123-20151> (дата обращения: 30.06.2018).
3. Гвоздева Т.В., Баллод Б.А. Проектирование информационных систем. Ростов н/Д.: Феникс, 2014. 512 с.
4. Карпова Т.С. Базы данных: модели, разработка, реализация. СПб.: Питер, 2017. 304 с.
5. Архангельский А.Я. Программирование в Delphi 7. М.: ЗАО «Издательство БИНОМ», 2013. 552 с.

УДК 66.021.3:66.048.3

НОВЫЕ КОНСТРУКЦИИ ПЕРЕЛИВНЫХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ МАССООБМЕННЫХ ТАРЕЛОК КОЛОННЫХ АППАРАТОВ

Шибитова Н.В., Михалев Д.О., Попова А.Д.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград,
e-mail: natanik40@mail.ru, natanik@vstu.ru

В статье приведен краткий обзор по переливным устройствам для тарельчатых массообменных колонн высокой производительности и широким диапазоном устойчивой работы. Дан анализ и описание конструкций переливных устройств наиболее перспективных с точки зрения увеличения удельных нагрузок по жидкости и пару со статическим, динамическим, клапанным и центробежным способами создания гидрозатвора. Отмечено, что, несмотря на многообразие конструкций переливных устройств, обязательными требованиями при их разработке является обеспечение заданной производительности, хорошей сепарации газа и надежности гидрозатвора. В обзоре описаны конструкции, гидрозатвор в которых перенесен в межтарельчатое пространство. Это техническое решение обеспечивает увеличение рабочей площади массообменной тарелки до 14%. Усовершенствование отдельных элементов гидрозатвора позволяет изменить характер потоков жидкости и газа на тарелке и улучшить сепарацию газа, что увеличивает движущую силу массообменного процесса, а следовательно, повышает эффективность массообмена между паровой и жидкой фазами. Несомненным достоинством обзора является включение в описание конструкций переливных устройств, которые имеют не только информационный характер с точки зрения новизны, но и работы, работоспособность которых подтверждена результатами научных исследований, что позволяет рекомендовать эти конструкции для конкретных массообменных тарелок.

Ключевые слова: колонные аппараты, массообменная тарелка, переливное устройство, сепарация, парогазовая смесь, гидрозатвор, эффективность

NEW DESIGNS OF OVERFLOW DEVICES FOR MASS TRANSFER PLATES OF COLUMN APPARATUSES

Shibitova N.V., Mikhalev D.O., Popova A.D.

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education State «Volgograd State Technical University», Volgograd, e-mail: natanik40@mail.ru, natanik@vstu.ru

The article provides a brief overview of the overflow devices for high-performance mass transfer columns and wide range of stable operation. The analysis and description of the construction of the overflow device the most promising in terms of increasing the specific loads of liquid and vapor with static, dynamic and centrifugal valve ways of creating hydraulic lock. It is noted that, despite the variety of designs overflow devices, mandatory requirements in their design are to provide the specified performance, good separation of gas and hydraulic lock reliability. This review describes the design, in which the hydraulic lock mezh-tarelchatoe transferred into space. This solution provides an increase in the working area of the mass transfer plates up to 14%. The improvement of individual elements of the hydraulic seal allows to change the nature of the flow of liquid and gas on the plate and improve the gas separation, which increases the driving force of the mass transfer process, and therefore increases the efficiency of mass transfer between the vapor and liquid phases. The undoubted advantage of the review is the inclusion in the description of the designs of overflow devices that are not only informative in terms of novelty, but also work, the performance of which is confirmed by the results of scientific research, which allows us to recommend these designs for specific mass transfer plates.

Keywords: column apparatuses, mass transfer plate, overflow device, separation, steam-gas mixture, hydraulic lock, efficiency

Базовым оборудованием в химической и нефтехимической промышленности при проведении массообменных процессов являются тарельчатые колонные аппараты с переливными устройствами [1]. Правильный выбор конструкции переливного устройства во многом определяет не только работу контактных элементов массообменных тарелок, но и работу колонны в целом.

В работе [2] приведена наиболее полная классификация переливных устройств, учитывающая их конструктивные особенности и недостатки. Несмотря на отличительные признаки конструкций переливных устройств, основными требованиями

при их разработке являются, во-первых, их пропускная способность, влияющая на производительность колонны. Во-вторых, обеспечение сепарации парогазовой смеси, так как перенос паровой фазы на нижерасположенную тарелку приводит к рециркуляции пара, что снижает движущую силу массообменного процесса. В-третьих, размещение гидрозатвора и его конструкция, исключающая проскок паровой фазы через переливное устройство.

А.Г. Вихман с соавторами [2] отмечает, что при увеличении удельных нагрузок по жидкости до $200 \text{ м}^3/\text{м} \cdot \text{ч}$, в ряде случаев происходит захлебывание переливного устрой-

ства, и режим нормальной работы колонного аппарата нарушается. Кроме этого было установлено, при увеличении диаметра колонны ухудшается равномерное распределение парового потока по длине пути жидкости, что снижает эффективность работы тарелок.

Исследования, проведенные И.А. Александровым [3], показали, что работа колонного аппарата с массообменными тарелками, имеющими переливные устройства, зависит как от типа тарелок, так и от конструкции переливных устройств, обеспечивающих переток заданного количества жидкости с тарелки на нижерасположенную тарелку. При обязательной хорошей сепарации газа и надежной работе гидрозатвора. В свою очередь эффективность работы переливного устройства зависит от плавного входа жидкости в него, от конфигурации и угла расположения стенок перелива, особенно при высоких нагрузках по жидкости.

Цель исследования: анализ новых конструкций переливных устройств, используемых для массообменных тарелок колонных аппаратов, выявление их достоинств и недостатков.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленной цели исследования была использована обзорная информация по переливным устройствам, техническая и учебная литература по массообменным процессам, научные статьи, материалы кандидатской диссертации, монография и патентная документация.

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящее время разработаны различные конструкции переливных устройств,

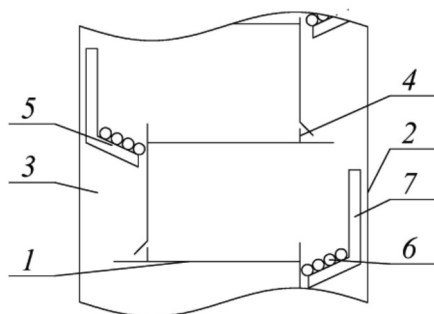


Рис. 1. Переливное устройство барботажной тарелки массообменной колонны [4]:

1 – полотно тарелки; 2 – колонный аппарат;
3 – переливной стакан; 4 – переливная планка;
5 – рассекатель; 6 – горизонтальные прутки;
7 – газоотводящие трубки

в которых постоянно совершенствуются отдельные элементы.

В изобретении Ю.А. Арнаутова [4] предлагается на газоотводящие трубки 7 закрепить рассекатель жидкости 5 (рис. 1), представляющий собой набор тонких прутков или пластин 6, а сами трубки 7 расположить у стенки колонны 2, что позволяет увеличить производительность переливного устройства за счет увеличения периметра слива и улучшения дегазации газожидкостного потока. При этом свободное сечение дегазирующего рассекателя составляет 90–92% к площади сечения переливного стакана 3.

Установка в переливном устройстве [4] газоотводящих трубок 7 и рассекателя жидкости 5 приводит к усложнению конструкции и, как следствие, высокой металлоемкости.

Для повышения эффективности процесса сепарации газа на переливном устройстве 3 [5] (рис. 2) смонтирован пеноразрушитель 5, изготовленный из гофрированной сетки, так что между ним и стенкой корпуса 1 появляется пространство 6 для разделения пены. Применение гофрированной сетки способствует увеличению производительности, что снижает габариты колонного аппарата.

Расположение пеноразрушителя 5 подобным образом обеспечивает канал для прохождения потока газа (пара) 7, а также снижает количество газожидкостного слоя в переливном устройстве и в него перетекает только чистая жидкость.

Кроме этого, снижается вероятность захлебывания колонны. Такое конструктивное решение расширяет диапазон нагрузок по жидкости, увеличивает производительность тарелки, снижает провал и уменьшает градиент уровня жидкости на тарелке.

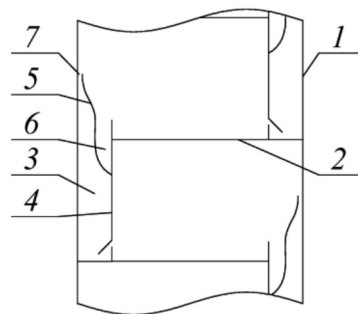


Рис. 2. Сегментный корпус переливного устройства с пеноразрушителем [5]:

1 – корпус аппарата; 2 – массообменная тарелка; 3 – переливное устройство;
4 – вертикальная пластина; 5 – пеноразрушитель;
6 – пространство для разделения пены;
7 – канал для потока газа (пара)

Недостатком данной конструкции переливного устройства [5] является невозможность работы с загрязненными средами.

В диссертации Д.В. Солодовника [6] описано устройство с центробежным устройством, представленным на рис. 3.

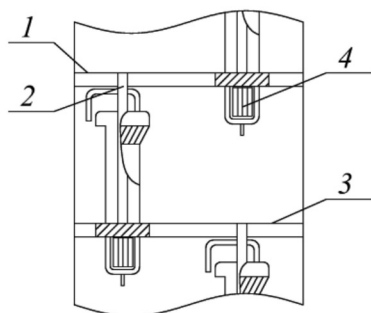


Рис. 3. Центробежное переливное устройство [6]: 1 – верхняя тарелка; 2 – питающая трубка центробежного переливного устройства; 3 – нижняя тарелка; 4 – завихритель центробежного переливного устройства

В таком массообменном аппарате [6] переливные устройства сами являются контактными элементами. В них происходит интенсивный массообмен между паровой и жидкой фазами. За счет центробежных сил, возникающих при движении парового потока с нижнего уровня тарелки 3, и стекающего в центральную трубу 2 жидкостного потока с тарелки 1 с последующим отделением пара, в который уносится достаточно много жидкости.

Авторы [6, 7] рекомендуют центробежное переливное устройство к применению при соотношении жидкости к пару в диапазоне 0,02–0,6.

К недостаткам данной конструкции относятся сложность изготовления, невоз-

можность работы на больших диаметрах колонны, сложность при монтаже и ремонте, высокая металлоемкость. Основной проблемой центробежных элементов также является унос жидкости с поверхности центральной трубки.

Группой А.А. Сидягина разработано переливное устройство [8] для контактной тарелки, обеспечивающее между тарелками вторую зону контакта фаз. Такой ввод жидкости с тарелки на тарелку позволяет получить дополнительную поверхность для массообмена и эффективно использовать сепарационное пространство.

Устройство (рис. 4) закрепляется непосредственно на полотне тарелки 2 и представляет собой цилиндрический корпус 5 и 6, в который вставлен отражательный диск. Через диск проходит вертикальная трубка, предназначенная для перетока байпасного газа, в котором находится клапан (на рис. 4 не показан), имеющий возможность двигаться по оси трубки. Отверстия в клапане могут быть тангенциальными, т.е. могут закручивать газовый поток и интенсифицировать массообмен.

Полотно тарелки 2 разделено на секции с помощью перегородок 3. Конструкция переливного устройства позволяет создать большую межфазную поверхность контакта фаз, но регулировать потоки затруднительно.

Недостатками конструкции переливного устройства [8] является сложность исполнения; сложность ремонта и монтажа; высокая металлоемкость.

Центральным конструкторским бюро нефтеаппаратуры ООО «Газпром» запатентована конструкция переливного устройства [9]. Переливное устройство статического типа 3 (рис. 5), гидрозатвор которого обеспечивается изогнутым перетоком, заканчивающимся вертикальным выходным патрубком 5 и заглушкой 9.

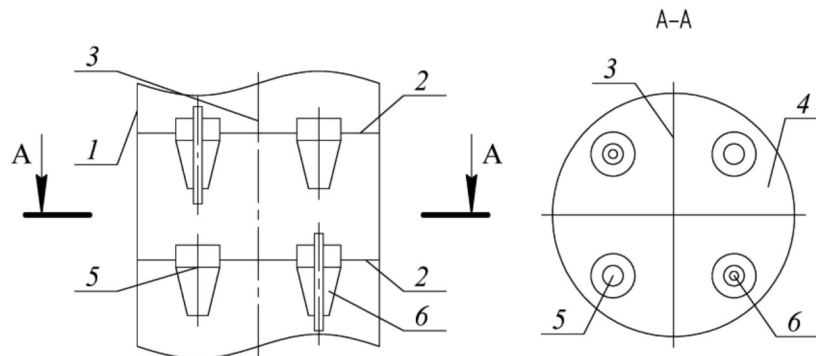


Рис. 4. Переливное устройство для контактной тарелки [8]: 1 – корпус аппарата; 2 – тарелки; 3 – секционирующие перегородки; 4 – основание тарелки; 5, 6 – переливные устройства

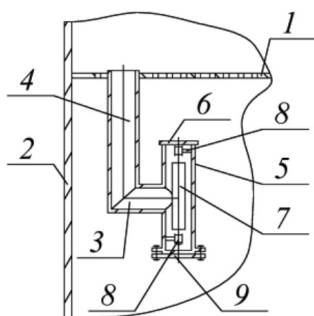


Рис. 5. Переливное устройство статического типа [9]: 1 – полотно тарелки; 2 – стенка колонны; 3 – переливное устройство; 4 – патрубок для слива жидкости с тарелки; 5 – патрубок для выхода жидкости из перелива; 6 – клапан; 7 – поплавок; 8 – тяга; 9 – заглушка

В вертикальном патрубке 5 расположен поплавок 7 с тягой 8 и клапаном 6. Такая конструктивная особенность переливного устройства гарантирует его надежную работу, но при этом практически отсутствует газоотвод, т.е. при работе будет высокая рециркуляция газа, что снижает величину движущей силы.

Жидкость, вытекающая из верхней части патрубка 5, попадает на рабочую площадь тарелки, что снижает эффективность работы тарелки при отсутствии равномерного распределения жидкого потока.

Недостатки переливного устройства [9]: сложность исполнения, ремонта и монтажа; плохая сепарация пара, так как парожид-

костной поток попадает непосредственно с тарелки в переливную трубу и неравномерное распределение жидкости; высокая металлоёмкость.

В работе [10] предложен способ перелива жидкости при непрерывной, периодической и импульсной подаче пара для различных давлений, а также температуре жидкости, что повышает эффективность массообмена в колонне.

На рис. 6, а, б, представлены новые конструкции переливных устройств подвесного типа для массообменной тарелки, разработанные авторами [11, 12]. Переливное устройство, показанное на рис. 6, а, рекомендуется для тарелок с перекрестноточным течением пара и жидкости [13–15], а переливное устройство (рис. 6, б) для прямоточных тарелок с улучшенной сепарацией газа.

Узлы 1, 2 и детали 3, 4 и 5, скрепленные вместе, образуют замкнутый объем, имеющий входную и выходную часть для жидкости. Выступающая часть 1 крепится на полотне тарелки, а нижняя часть находится в межтарельчатом пространстве, переливная планка 5 направлена к стенке колонны.

Гидрозатвор, вынесенный с рабочей поверхности полотна тарелки в межтарельчатое пространство, увеличивает рабочую площадь массообменной тарелки до 14%, за счет увеличения контактных элементов. Отверстия 4 на выступающей части переливного устройства существенно влияют на величину градиента жидкости на тарелке, так как увеличивают периметр слива жидкости.

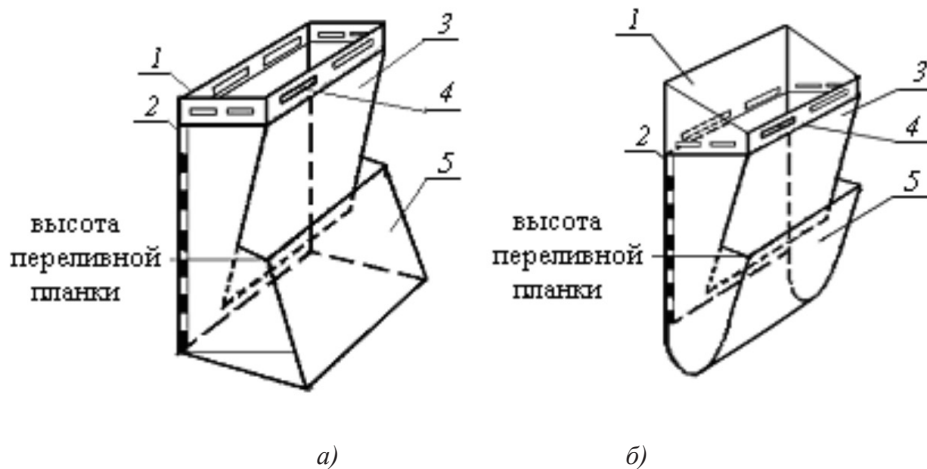


Рис. 6. Переливные устройства подвесного типа [11, 12]: 1 – выступающая часть; 2 – переливной карман; 3 – отбойник; 4 – отверстия; 5 – планка переливная

Принципиально новым является организация слива осветленной жидкости в переливном устройстве [12] через сливные отверстия с задней стороны перелива. Переливное устройство, показанное на рис. 6, б, рекомендуется прежде всего для тарелок прямооточного типа (клапанных, струйных, с s-образными элементами, пластинчатых) для сред, склонных к пенообразованию. Увеличение высоты передней стенки выступающей части 1 исключает переброс парожидкостного потока непосредственно в карман 2 переливного устройства. Для исключения попадания жидкости в отверстия контактных элементов, перед выступающей частью 1 переливного устройства, на тарелке установлена форпланка. Такая организация потоков значительно улучшает сепарацию газа.

Выводы

На основании анализа рассмотренных конструкций переливных устройств для тарельчатых массообменных аппаратов можно сделать вывод о том, что при их проектировании разработчики стремятся обеспечить прежде всего технологические параметры работы: высокую пропускную способность, надежную работу гидрозатвора при возможно низкой рециркуляции газа. Перспективным направлением в совершенствовании конструкции переливных устройств является, например, увеличение производительности за счет переноса гидрозатвора с рабочей площади тарелки в межтарельчатое пространство, улучшив сепарацию газа путем применения перелива переменного сечения, повышения эффективности массопередачи при организации вторичной зоны контакта фаз.

Список литературы

1. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов. изд. 14-е, стереотип. М.: ООО ИД «Альянс», 2008. 753 с.
2. Вихман А.Г., Берковский М.А., Круглов С.А. Переливные устройства массообменных тарелок массообменных аппаратов: обзорная информация. Уфа: ЦИНТИХИМНЕФТЕМАШ, 1976. 35 с.
3. Александров И.А. Ректификационные и абсорбционные аппараты. Методы расчета и основы конструирования. М.: Химия, 1978. 280 с.
4. Пат. 2194560 Российская Федерация, МПК В01Д 3/20. Переливное устройство барботажной тарелки массообменной колонны / Арнаут Ю.А., Овчинников П.Ф., Валеева Т.Б., Сквонь М.С.; заявитель и патентообладатель ОАО «Научно-исследовательский и проектный институт по переработке газа». № 2001113549/12; заявл. 16.05.01; опубл. 20.12.02, Бюл. № 35.
5. Пат. 2342181 Российская Федерация, МПК В01Д 3/16. Переливное устройство контактной тарелки и контактная тарелка / Разгонин Р.В., Сидягин А.А.; заявитель и патентообладатель ОАО «Научно-исследовательский и проектный институт карбамида и продуктов органического синтеза». № 2007128182/15; заявл. 23.07.07; опубл. 27.12.08, Бюл. № 36.
6. Солодовник Д.В. Совершенствование центробежного массообменного устройства для аппаратов переработки углеводородного сырья: дис. ... канд. техн. наук. Краснодар, 2016. 146 с.
7. Солодовник Д.В., Кунина П.С., Бойко С.И. Обзор современной конструкции центробежного массообменного устройства // Нефтепромысловое дело. 2015. № 8. С. 47–50.
8. Пат. 2233693 Российская Федерация, МПК В01Д 3/20. Переливное устройство для контактной тарелки, контактная тарелка и теплообменник / Сидягин А.А., Чирков А.В., Сергеев Ю.А.; заявитель и патентообладатель ОАО «Научно-исследовательский и проектный институт карбамида и продуктов органического синтеза». № 2003126872/15; заявл. 02.09.03; опубл. 10.08.04, Бюл. № 22.
9. Пат. 2158624 Российская Федерация, МПК В01Д 3/20. Переливное устройство / Зибберг Г.К., Зибберг Р.Г.; заявитель и патентообладатель дочернее ОАО «Центральное конструкторское бюро нефтеаппаратуры» ООО «Газпром». № 99114101/12; заявл. 22.06.99; опубл. 10.11.00, Бюл № 31.
10. Пат. 2372965 Российская Федерация МПК В01Д3/20. Способ перелива жидкости по тарелкам колонного аппарата в процессе массообмена между паром и жидкостью / Дмитрук А.П., Черняховский И.Б., Дмитрук П.А.; заявитель и патентообладатель Дмитрук А.П. № 2007135886/15; заявл. 27.09.2007; опубл. 20.11.2009, Бюл. № 32.
11. Пат. 2438748 Российская Федерация, МПК В01Д 3/16. Массообменная тарелка / Н.С. Шибитов, Н.В. Шибитова; заявитель и патентообладатель ООО НПФ «ЭкоЦентрИнжиниринг». № 2010111613/05; заявл. 25.03.10; опубл. 27.09.12, Бюл. № 1.
12. П.м. 172835 Российская Федерация, МПК В01Д3/16, В01Д3/18. Прямоточная массообменная тарелка для процессов разделения газовых и жидких сред / Н.В. Шибитова, Н.С. Шибитов, А.Б. Голованчиков, А.Е. Новиков; ВолгГТУ. 2017, Бюл. № 21.
13. Шибитова Н.В., Шибитов Н.С., Голованчиков А.Б., Полупан И.В. Новая конструкция массообменной тарелки с переливным устройством подвешенного типа // Сборка в машиностроении, приборостроении. 2014. № 10. С. 18–21.
14. Шибитова Н.В., Марченко П.В., Максименков В.Н. Исследование гидродинамики эффективного переливного устройства подвешенного типа // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 10–1. С. 176–177.
15. Шибитов Н.С., Шибитова Н.В., Голованчиков А.Б. Моделирование гидродинамических и массообменных процессов и применение современных контактных устройств в колонных аппаратах: монография. Волгоград: ВолгГТУ, 2016. 159 с.

УДК 378.046.4

КОНЦЕПТУАЛЬНЫЕ ОСНОВЫ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ВРАЧЕЙ В ДОПОЛНИТЕЛЬНОМ ПРОФЕССИОНАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Астанина С.Ю.

ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования»,
Москва, e-mail: astanina@gmail.com

В статье представлены концептуальные основы биологической подготовки врачей в дополнительном профессиональном образовании. Определена общая направленность исследования, основанная на идее практикоориентированного обучения, на формировании способности и готовности врачей решать профессиональные задачи. Определены методологические и теоретические установки, послужившие отправной теоретической базой исследования: компетентный подход, закономерность (зависимость содержания биологических дисциплин и способов организации образовательной деятельности от содержания профессиональных задач) и принципов (сопряженность профессиональных и учебно-профессиональных задач, соответствия содержания биологической подготовки квалификационной характеристике врача и профессиональным задачам) биологической подготовки врачей в дополнительном профессиональном образовании. Выявленная закономерность выражается ориентированностью образовательного процесса на формирование готовности врачей решать реальные профессиональные задачи, трансформирующиеся в учебно-профессиональные задачи, что обосновывает актуальность выявленных и обоснованных принципов (научности, фундаментализации, экологизации, непрерывности и преемственности, модульного построения процесса, моделирования профессиональной деятельности врача в соответствии с профессиональными задачами). В своей совокупности выявленные закономерности и принципы обеспечивают регуляцию образовательного процесса через содержание и организацию учебного процесса, способствующего развитию у врачей способности решать профессиональные задачи в выполнении трудовых функций.

Ключевые слова: биологическая подготовка врачей, дополнительное профессиональное образование, биологическая подготовка, профессиональные задачи, дидактические закономерности и принципы

CONCEPTUAL BASES OF BIOLOGICAL TRAINING OF DOCTORS IN ADDITIONAL VOCATIONAL EDUCATION

Astanina S.Yu.

Russian Medical Academy of Continuing Professional Education, Moscow, e-mail: astanina@gmail.com

The article presents conceptual bases of biological training of doctors in additional professional education. The general orientation of the research is determined, based on the idea of practical guidance, on the ability and willingness of physicians to solve professional problems. The methodological and theoretical guidelines that served as the starting theoretical basis for the study were determined: the competency approach, the regularity (the dependence of the content of biological disciplines and methods of organizing educational activity on the content of professional tasks) and principles (the conjugation of professional and educational tasks, the correspondence of the content of biological training with the qualification characteristics of the doctor and professional tasks) biological training of doctors in additional vocational education. The revealed regularity is expressed by the orientation of the educational process to the formation of doctors' readiness to solve real professional problems that are transformed into educational and professional tasks, which justifies the relevance of the identified and grounded principles (scientific, fundamental, ecological, continuity, continuity, modular process, with professional tasks). In their totality, the revealed regularities and principles provide for the regulation of the educational process through the selection of content and the choice of forms, methods, means, technologies for biological training of physicians aimed at forming in the students the biological knowledge, skills and abilities that contribute to the development of the doctor's professional competencies and his readiness to solve professional tasks.

Keywords: biological training of doctors, additional vocational education, biological training, professional tasks, didactic laws and principles

Развитие молекулярной биологии, биохимии, генетики, быстрое внедрение достижений фундаментальных наук в практику здравоохранения открывают новые пути борьбы с болезнями и причинами их возникновения, обеспечивают появление персонализированной медицины, основывающейся на геномных и других «омиксных» технологиях, определило Постановлением Правительства Российской Федерации [1] актуальность поддержки программы «Развитие и внедрение инновационных методов диагностики, профилактики и лечения,

а также основ персонализированной медицины». В свою очередь повышение наукоемкости трудовых функций врачей различных медицинских специальностей показало зависимость качества выполнения трудовых функций от фундаментальной подготовки врачей, их готовности решать реальные профессиональные задачи, обеспечивающие выполнение трудовых функций, регламентированных профессиональными стандартами на основе знаний современных достижений в области достижений не только медицинских, но и биологических наук.

Однако в системе дополнительного профессионального образования по-прежнему наблюдается сохранение знаниевого подхода к подготовке врачей, несмотря на то, что с принятием федерального закона «Об образовании в Российской Федерации» теоретической основой реформирования медицинского образования стал компетентностный подход, позволяющий усилить акцент в профессиональном образовании на результатах обучения.

Как никогда актуально мнение В.И. Байденко [2], «Содержание образования, построенное на компетентностном подходе, обеспечивает готовность обучающегося к практическому действию в ключевых сферах профессиональной деятельности с учетом как личностных потребностей, так и интересов государства, общества».

Сложившееся противоречие между потребностями здравоохранения в подготовленности врачей к решению профессиональных задач на основе современных биомедицинских знаний и отсутствием теоретически обоснованной концепции их подготовки, определило цель нашего исследования: концептуальное обоснование биологической подготовки врачей в дополнительном профессиональном образовании на основе решения профессиональных задач. Исследование проводилось на кафедрах факультетов ФГБОУ ДПО «Российская медицинская академия непрерывного профессионального образования» Минздрава России.

Результаты исследования и их обсуждение

Во всех профессиональных стандартах врачей-специалистов (например, профессиональный стандарт врачей-инфекционистов и др.) трудовые функции связаны с видами профессиональной деятельности врача. Например, в профессиональном стандарте «Врач-инфекционист» трудовая функция «Проведение обследования пациентов с инфекционными заболеваниями и (или) состояниями с целью установления диагноза» соответствует диагностической деятельности врача. Однако в реальных условиях врачу предстоит решать профессиональные задачи, требующие интеграции разных видов деятельности (диагностической, лечебной, реабилитационной, профилактической, психолого-педагогической, организационно-управленческой), что способствует интеграции трудовых функций, регламентированных профессиональным стандартом, через выполнение профессиональных задач [3]:

– объяснять этиологию и патогенез болезней, используя знания биомедицинских наук;

– оценивать функциональное состояние организма пациентов с позиций молекулярно-генетического, биохимического и иммунологического обследования;

– анализировать биохимические механизмы организма при заболеваниях;

– выявлять реакции организма на воздействие патогенного фактора, в том числе механизмы формирования патологических систем, обуславливающие развитие заболеваний и защитно-приспособительных механизмов;

– разрабатывать новые пути исследований патологических процессов с учетом взаимодействия патогенных и терапевтических факторов.

Таким образом, основой концепции стала идея практикоориентированного обучения, основанная на формировании способности и готовности врачей решать реальные профессиональные задачи, которые, в свою очередь, являются основой определения учебно-профессиональных задач, обуславливающих отбор содержания и организацию процесса подготовки врачей.

Анализ устойчиво повторяющихся связей между профессиональными задачами врачей и содержанием их подготовки позволил установить закономерность зависимости содержания биологических дисциплин и способов организации образовательной деятельности от содержания профессиональных задач.

Выявленная закономерность тесно взаимосвязана с дидактическими закономерностями, ранее обоснованными учеными [3, 4]:

– взаимосвязь биологической и специальной профессиональной подготовки;

– единство интеграции и дифференциации содержания подготовки;

– зависимость процесса и результатов подготовки от полноты представления в содержании биологических дисциплин методологических и теоретических знаний.

Выявленная и обоснованные закономерности обеспечивают регуляцию биологической подготовки врачей через систему принципов.

Академик В.И. Загвязинский считает: «Принцип – это исходное положение теории, инструментальное, данное в категориях деятельности выражение педагогической концепции, это методическое отражение познанных законов и закономерностей, это знания о целях, сущности, содержании, структуре обучения, выраженные в форме, позволяющей использовать их в качестве регулятивных норм практики» [5].

Выявленная зависимость содержания биологических дисциплин и способов организации образовательной деятельности

от содержания профессиональных задач – обосновывает актуальность принципа *сопряженности профессиональных и учебно-профессиональных задач*, предъявляющего требования к отбору содержания, формированию учебно-профессиональных задач. Если учитывать, что профессиональная задача относится к области профессиональной деятельности, а учебно-профессиональная задача – к области образовательной деятельности, то сопряженность позволяет ориентировать процесс биологической подготовки врачей на выполнение трудовых функций, регламентированных профессиональными стандартами (рисунок).

Требования вышеописанного принципа с наибольшей эффективностью проявляются в случае *соответствия содержания биологической подготовки квалификационной характеристике врача и профессиональным задачам*, поскольку квалификационная характеристика врача тесно связана с профессиональными задачами, выполняемыми им в своей профессиональной деятельности.

Зависимость процесса и результатов биологической подготовки от полноты представления в содержании биологических дисциплин методологических и теоретических знаний обосновывает реализацию требований принципа *фундаментализации*.

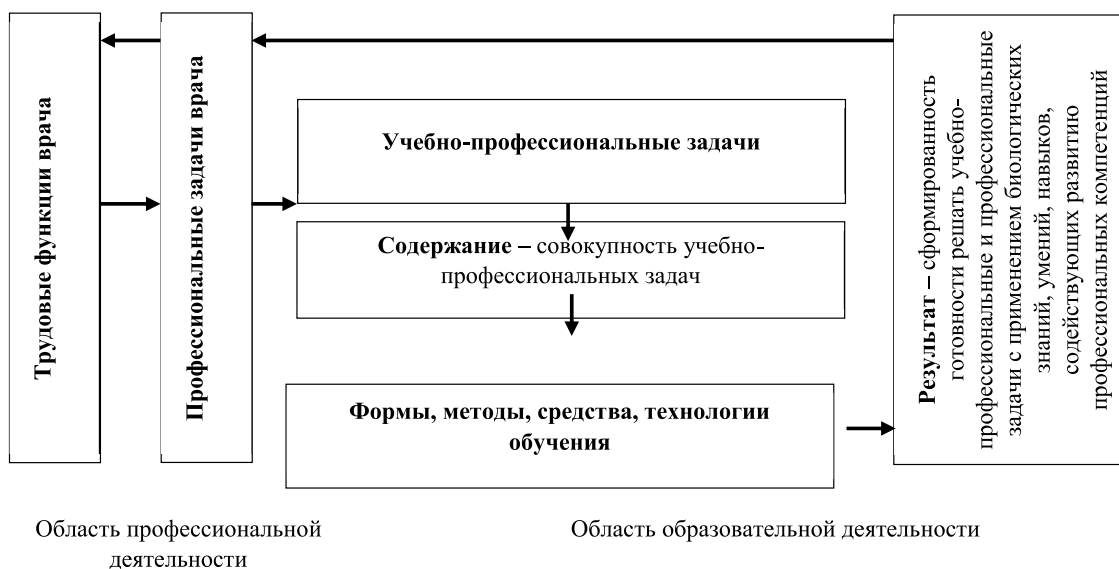
Принцип фундаментализации взаимосвязан с *принципом научности*, выражающимся в соответствии содержания биологической подготовки врачей современному уровню медико-биологических наук. Требования этого принципа определяют актуальность отбора содержания биологической подготовки в со-

ответствии с профессиональными задачами и современными достижениями биологических наук, что позволяет избежать избыточности содержания при интенсивности образовательного процесса в дополнительном профессиональном образовании.

В подготовку врача, согласно Федеральному государственному образовательному стандарту высшего образования (уровень подготовки кадров высшей квалификации в ординатуре) [6], включены требования, ориентированные на его активную профилактическую деятельность в аспекте здоровьесберегающих и природоохранных мероприятий, что обосновывает необходимость построения содержания с учетом требований принципа *экологизации*.

Данный принцип проявляется в отборе содержания биологической подготовки врачей на основе экологических идей: экологической целесообразности исключаящей противопоставление человека и природы; биоцентрического и экоцентрического понимания мира, гармоничного развития человека, общества и природы как взаимовыгодного единства целостного и системного восприятия единства человека и природы [7].

Следующая группа принципов относится к организации процесса биологической подготовки врачей. *Принцип моделирования профессиональной деятельности врача в соответствии с профессиональными задачами* требует создания условий для приобретения обучающимися опыта профессиональной деятельности в решении учебно-профессиональных и профессиональных задач.



Принцип сопряженности профессиональных и учебно-профессиональных задач в системе биологической подготовки врачей

Связь закономерностей и принципов биологической подготовки врачей на основе решения учебно-профессиональных задач [4]

Закономерности	Принципы	
	<i>отбора содержания</i>	
зависимость процесса и результатов подготовки от полноты представления в содержании биологических дисциплин методологических и теоретических знаний	—	фундаментализации
	-----	научности
взаимосвязь биологической и специальной профессиональной подготовки врача	—	соответствия содержания биологической подготовки квалификационной характеристике врача и профессиональным задачам
единство интеграции и дифференциации содержания биологической подготовки врачей	—	сопряженности профессиональных и учебно-профессиональных задач
зависимость содержания биологических дисциплин и способов организации образовательной деятельности от содержания профессиональных задач	—	экологизации
	-----	<i>процесса биологической подготовки</i>
	-----	непрерывности и преемственности
	-----	модульного построения процесса моделирования профессиональной деятельности врача в соответствии с профессиональными задачами
— Доминирующее взаимодействие		----- Другие существенные влияния

Принцип моделирования профессиональной деятельности врача в соответствии с профессиональными задачами, обеспечивает создание реальных профессиональных ситуаций для приобретения обучающимися опыта профессиональной деятельности в решении реальных задач (учебно-профессиональных и профессиональных) на основе анализа, решения, обсуждения и принятия ответственности за выбор решения в выполнении трудовых функций врачей [4].

Принцип непрерывности и преемственности биологической подготовки врачей обеспечивает развитие их фундаментальной подготовки, создавая условия для формирования знаний современных достижений медико-биологических наук и умений применять эти знания на практике. В содержании биологической подготовки врачей этот принцип проявляется во взаимосвязи внутридисциплинарных и междисциплинарных связей. В организации непрерывного профессионального медицинского образования этот принцип требует создания условий для преемственности этапов повышения квалификации врачей, позволяя обо-

гащать, обобщать и систематизировать биологические знания, умения в соответствии с усложняющимися профессиональными задачами врача.

Принцип модульного построения процесса подготовки врачей требует структуризации образовательной программы на относительно самостоятельные блоки (модули), конкретизирующие профессиональные задачи и трудовые функции, на подготовку к которым разрабатывается модуль.

Этот принцип выступает теоретической основой отбора содержания и организации учебного процесса в соответствии с логикой решения профессиональных и учебно-профессиональных задач врача. Выявленные в процессе исследования закономерности биологической подготовки врачей выступают обоснованием каждого принципа, но следует отметить, что ни один из принципов не универсален и его изолированное применение не дает необходимых результатов (таблица).

Рассмотренные принципы характеризуют способы проектирования образовательного процесса. В них выражены нормативные основы организации биологической

подготовки врачей. Реализация этих принципов происходит с учетом конкретных условий, относящихся к содержанию, формам, методам организации образовательной деятельности.

В своей совокупности выявленные закономерности и принципы позволяют проектировать и организовывать образовательный процесс с учетом потребностей практического здравоохранения к квалификации медицинских специалистов, способности и готовности врачей применять биологические знания и умения в решении профессиональных задач, позволяющих врачам качественно выполнять трудовые функции, регламентированные профессиональными стандартами.

Выводы

Концептуальными основами биологической подготовки врачей в нашем исследовании выступают: идея практико-ориентированного обучения, основанная на формировании способности и готовности врачей решать профессиональные задачи, методологической основой выступает компетентностный подход, позволяющий определить закономерности и принципы фундаментальной (биологической) подготовки врачей.

На основе закономерностей и принципов проектируется образовательный процесс, готовящий врачей к внедрению инновационных методов диагностики, лечения, профилактики болезней. Дидактический анализ закономерностей и принципов позволил прогнозировать результаты введения новых программ, форм и методов обу-

чения врачей, нового содержания, учебных средств и материалов. Выявленные закономерности обеспечивают регулирование биологической подготовки врачей через систему принципов, выступающих исходными положениями для организации образовательного процесса биологической подготовки врачей, способствующего готовности врачей к решению профессиональных задач.

Список литературы

1. Постановлении Правительства Российской Федерации от 26 ноября 2017 года № 1640 об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие здравоохранения» (в ред. Постановления Правительства РФ от 01.03.2018 № 210). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_286834/ (дата обращения: 05.08.2018).
2. Байденко В.И. Компетенции в профессиональном образовании // Высшее образование в России. 2004. № 11. С. 3–13.
3. Астанина С.Ю. Педагогические закономерности биологической (фундаментальной) подготовки врачей в непрерывном медицинском образовании // Экономические и гуманитарные исследования регионов. 2016. № 4. С. 14–20.
4. Астанина С.Ю. Принципы биологической подготовки врачей в ординатуре и дополнительном профессиональном образовании // Инновации в образовании. 2016. № 10. С. 5–17.
5. Загвязинский В.И. Теория обучения и воспитания: учебник для бакалавров. М.: Издательство Юрайт, 2014. 314 с.
6. Приказ Минобрнауки России от 25.08.2014 г. № 1092 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по специальности 31.08.49 Терапия (уровень подготовки кадров высшей квалификации)» (Зарегистрировано в Минюсте России 27.10.2014 г., регистрационный № 34466). URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/fgosvoord/310849_Terapiya.pdf (дата обращения: 05.08.2018).
7. Митина Е.Г. Эколого-образовательная среда региона как фактор развития системы методической подготовки студентов-биологов: дис. ... д-ра пед. наук: 13.00.02. Санкт-Петербург, 2014. 318 с.

УДК 376.63

СОЦИАЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ СОПРОВОЖДЕНИЯ И ПОДДЕРЖКИ НЕПОЛНОЙ СЕМЬИ: ПРОЕКТНЫЙ ПОДХОД

Безенкова Т.А., Олейник Е.В., Андрусак Н.Ю., Плугина Н.А.

*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»,
Магнитогорск, e-mail: bezenkova@yandex.ru*

Данное исследование посвящено изучению проблемы поиска эффективных социальных технологий в работе с неполной семьей. Анализ результатов исследования по выявлению проблем данных семей показал, что наиболее острыми у них являются материальные, психологические и педагогические проблемы, а также проблема создания полной семьи. Кроме того, было проведено интервью специалистов учреждений, работающих с неполными семьями. Оно показало, что данная категория семей требует особого внимания и что в основном используются традиционные методы и формы. В связи с этим встает вопрос о поиске новых, более эффективных технологий. Одной из них является технология проектной деятельности. Проектные технологии позволяют активизировать семью на решение собственных проблем, развивают личностные качества членов семьи, способствуют реализации различных потенциалов за счет переживания моментов самореализации, создания ситуации успеха. Эффективность технологии проектной деятельности достигается за счет конкретно поставленной цели проекта, сформулированного круга задач, а также определенных ресурсов и сроков. В качестве ресурсов используются внутренние силы членов семьи, нуждающейся в помощи, и ресурсы учреждения, осуществляющего социальное сопровождение и оказывающее помощь неполной семье: кадры и механизмы организации работы.

Ключевые слова: неполная семья, социальные технологии, проектный подход, социальный проект, социальная педагогика

SOCIAL TECHNOLOGIES OF SUPPORT OF SINGLE-PARENT FAMILIES: PROJECT APPROACH

Bezenkova T.A., Oleynik E.V., Andrusyak N.Yu., Plugina N.A

Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: bezenkova@yandex.ru

This study is devoted to the study of the problem of finding effective social technologies in working with an incomplete family. Analysis of the results of the study to identify the problems of these families showed that the most acute are their material, psychological and pedagogical problems, as well as the problem of creating a full family. In addition, specialists from institutions working with single-parent families were interviewed. It showed that this category of family requires special attention and that traditional methods and forms are used mainly. This raises the question of finding new, more efficient technologies. One of them is the technology of project activities. Design technologies allow to activate the family to solve their own problems, develop personal qualities of family members, contribute to the implementation of various potentials through the experience of moments of self-realization, creating a situation of success. The effectiveness of the technology of project activities is achieved through a specific project goal, formulated range of tasks, as well as certain resources and deadlines. The resources used are the internal forces of family members in need of assistance and the resources of the institution providing social support and assistance to the single-parent family: staff and work arrangements.

Keywords: incomplete family, social technologies, project approach, social project, social pedagogics

В настоящее время в процессе социального сопровождения и поддержки неполной семьи все чаще используется проектный подход, основой реализации которого является создание и реализация проекта. Особенности и преимущества реализации проектного подхода в работе с неполной семьей заключаются в следующем:

- основной задачей проектов является достижение целей, в нашем случае ориентированных на помощь конкретной семье;
- необходимо одновременное соблюдение ресурсных ограничений учреждения социальной защиты, самой семьи и временных рамок проекта;
- каждый проект подразумевает понятие «уникальности», которая может выражаться в учете специфики конкретной семьи с ее нуждами и проблемами;
- реализация проекта всегда связана с изменением жизни семьи и является целе-

направленным ее изменением из существующего в некоторое желаемое состояние.

Все вышесказанное важно и актуально в настоящем современном обществе, так как семья является важнейшим институтом социализации подрастающего поколения. Именно в семье формируются основы характера человека, его отношение к труду, моральным и культурным ценностям. Семья была и остается важнейшей социальной средой формирования личности и основой в психологической поддержке и воспитании. Но в настоящее время семья переживает период серьезных изменений: возрастает число внебрачных рождений в общей доле рождений, увеличивается количество разводов, не компенсируемых последующими вступлениями в брак, в силу высоких показателей смертности среди мужчин активного детородного, трудоспособного возраста, наблюдается рост гражданских (нереги-

стрируемых) браков, много детей растет в семье с одним родителем [1].

Произошедшие изменения ослабили традиционные функции семьи, регулятивный характер половой морали в распределении обязанностей в семье, повлияли на социальный статус женщины, сделали ее более ответственной и самостоятельной. Женщины вынуждены не только выполнять домашние обязанности и воспитывать детей, но и все больше участвовать наравне с мужчиной в производственных делах, заниматься бизнесом и предпринимательством [2]. Материнство в неполной семье сопряжено с рядом жизненных затруднений, преодоление которых во многом зависит от социальных условий, личностных качеств и духовно-нравственных ориентаций одиноких матерей. В связи с этим технологии решения социальных проблем неполной семьи являются сегодня весьма актуальными.

Методологической основой исследования послужили работы ученых в различных областях. Особенности функционирования и социальные проблемы современной семьи освещены в работах Ф.А. Мустаевой, О.Л. Потрикеевой. Сущность и содержание социальных технологий рассматриваются в работах А.В. Зезюлько, С.П. Кузьмина, М.В. Плотникова, С.В. Смелцовой, Н. Стефанова и др. Изучение проектного подхода в рамках технологии проектной деятельности в области социальной работы представлено в работах О.М. Луговой, Е.А. Новиковой и др. Особенности работы с неполными семьями рассмотрены в работах В.В. Завражнова, Г.М. Зининой, В.В. Фалилеева, М.В. Худойкиной и др.

Цель исследования: изучение сущности социальных технологий в работе с неполной семьей и определение эффективности использования проектного подхода в социальном сопровождении и поддержке неполной семьи. Научная новизна исследования состоит в том, что обоснована необходимость разработки и внедрения проектного подхода в области социальной и социально-педагогической работы с неполной семьей на основе выявленных проблем и потребностей семей данного типа.

Прежде всего, рассмотрим сущность социальных технологий, используемых в том числе в работе с неполной семьей. Предпосылки понятия социальных технологий можно обнаружить в работах античных философов (Платон, Аристотель и др.), а из более близких нам во времени авторов нельзя не отметить Карла Поппера. Поппер проводил различие между утопической и поэлементной социальной технологией: первая направлена на преобразование общества

как целого, а вторая достигает своих целей с помощью мелких исправлений, учитывая при этом последствия проводимых преобразований [3, с. 146].

В настоящее время в научной и специальной литературе термин «социальная технология» употребляется как минимум в четырех значениях: система знаний, деятельность социолога-практика, средство социальных преобразований, инновационный метод оценки и использования социальных объектов [4, с. 180]. Так, например, Н. Стефанов рассматривает социальную технологию как деятельность, целью которой является изменение объекта, причем деятельность предварительно расчленяется на целый ряд определенных операций, направленных на достижение некоторой цели или задачи. Он утверждает: везде, где возможно активное и целенаправленное отношение человека к социальной среде, в принципе возможна технология. «В самом общем виде можно принять: социальная технология – это деятельность, в результате которой достигается поставленная цель и изменяется объект деятельности» [5].

Существует большое количество классификаций социальных технологий по разным основаниям: видам, уровням, сферам применения и т.д. В рамках нашего исследования рассматривается сфера социальной защиты населения как составная часть социально-культурной деятельности, в основе которой лежат технологии социальной работы. Рассматривая классификацию технологий социальной работы, можно выделить классификацию по критерию содержания, в которой представлена технология проектной деятельности. В свою очередь, технология проектной деятельности реализуется через разработку проектов, то есть реализацию проектного подхода, направленного на решение в том числе различных социальных проблем неполной семьи.

Материалы и методы исследования

В контексте нашего исследования, для выбора наиболее эффективных социальных технологий работы с неполной семьей, важно изучить их проблемы и потребности. С этой целью было проведено эмпирическое исследование, в котором основными методами являлись анкетирование неполных семей и интервьюирование специалистов учреждений социальной службы. В анкетировании приняли участие члены неполных семей, проживающих в городе Магнитогорске, в количестве 68 человек, где все 100% женщины. Именно результаты проведенного исследования могут показать весь комплекс специфических проблем неполной семьи, которые необходимо учитывать при определении тематики проектов, их разработке и реализации.

Проблемы, возникающие в неполной семье

Проблемы неполных семей	Процент
Материальные проблемы	86,8%
Проблемы, связанные с воспитанием детей	69,1%
Проблемы создания полной семьи	66,2%
Психологические проблемы	55,9%
Проблемы трудоустройства	30,9%
Жилищные проблемы	23,5%
Хозяйственно-бытовые проблемы	11,8%
Медицинские проблемы	11,8%
Проблемы осуждения Вашей семьи со стороны общества	5,9%
Нет проблем	2,9%
Недоступность к получению помощи в учреждениях социальной защиты	1,5%

**Результаты исследования
и их обсуждение**

Респонденты в возрасте от 19 до 35 лет составляют 69,1% опрошенных, от 36 до 40 лет – 30,9%. Это говорит о том, что у большинства ответивших уже в молодом возрасте либо распалась семья по каким-либо причинам и стала неполной, либо является неполной изначально. Так, у 20,7% образовалась неполная семья в результате рождения ребенка вне брака, 67,6% опрошенных стали относиться к неполной семье в результате развода, 5,9% – в результате смерти супруга. Такие семьи, где второй родитель лишен родительских прав, составили 2,9% от числа всех респондентов и еще 2,9% являются опекунами. По одному ребенку воспитывается у 92,6% опрошенных, два ребенка у 5,9% и 1,5% воспитывают трех детей.

Респондентами были выделены материальные, психологические, медицинские, хозяйственно-бытовые, жилищные проблемы, также проблемы, связанные с воспитанием детей, трудоустройством, сложностью образования полной семьи и присутствие осуждения семьи со стороны общества. В таблице представлено, как распределились в процентном соотношении ответы респондентов.

Из результатов анкетирования видно, что помимо материальных проблем в семьях данного типа наиболее актуальны педагогические и психологические проблемы. Нарушение структуры семьи влияет на состояние взаимоотношений между родителями и детьми: одинокому родителю не всегда удается уделять много времени ребенку из-за двойной загруженности и нехватки сил к концу дня, поэтому ребенок предоставлен сам себе. С другой стороны, в неполных семьях получила распространение проблема гиперопеки, возникшая из стремления

компенсировать ребенку отсутствие второго родителя. Кроме того, следует выделить проблему образования новой полной семьи. Респонденты отмечают, что довольно часто встречаются либо сопротивление и ревность ребенка, который не хочет принимать нового родителя, либо нехватка времени на личную жизнь в связи с двойной загруженностью. Полученные данные показывают необходимость включения в проекты мероприятий по решению педагогических и психологических проблем, а также мероприятия, направленные на экономическую адаптацию членов семьи и решение материальных вопросов.

Цель нашего следующего вопроса состояла в том, чтобы выяснить, на какие средства живет семья. Большинство неполных семей живет на собственную заработную плату (79,4%), 25% получают пособия, за счет пенсии живут 8,8% респондентов, случайные заработки ищет 1,5%, бывший супруг помогает 14,7% опрошенных семей, 20,6% помогают родственники (рисунок). Кто-то может жить на пособия и помощь родственников одновременно, или же на случайные заработки и пенсии.

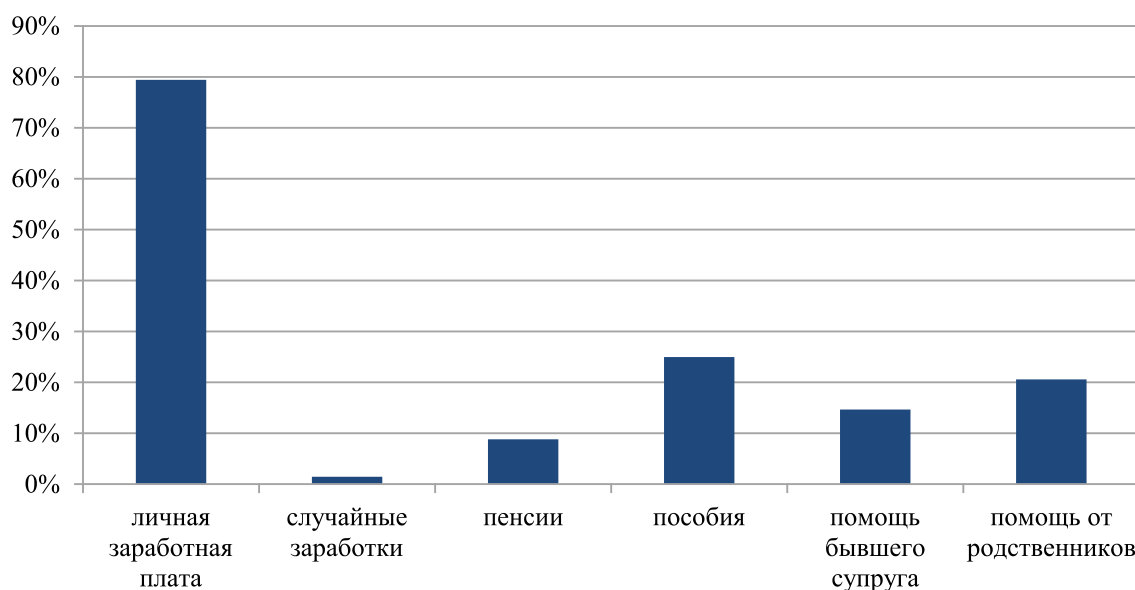
Данная информация позволяет проанализировать экономический потенциал семьи с целью использования его при создании проекта: учет занятости взрослых членов семьи (чаще матери), организация досуга детей в таких семьях, организация помощи в образовательной деятельности ребенка и т.п.

Социальная защита и поддержка семей осуществляется государственными, общественными некоммерческими и образовательными организациями [6]. Нас заинтересовал вопрос, знает ли респондент, что существуют учреждения социальной защиты, в которые он может обратиться за помощью. Из числа опрошенных 68% зна-

ют о деятельности учреждений, оставшиеся 32% не знают. При этом услугами учреждений пользуются только 28%, в основном это обращения в Комплексный центр социального обслуживания населения или Центр социальной помощи семье и детям города Магнитогорска. Из числа обратившихся в то или иное учреждение 57,9% частично удовлетворены оказанной помощью, 36,8% полностью удовлетворены и 5,3% опрошенных указывают, что их проблему не решили и они не удовлетворены деятельностью. При необходимости в учреждения социальной защиты готовы обратиться за помощью 10,2% членов неполных семей, так как уверены, что специалисты смогут помочь, 16,2% обратятся за помощью, даже если ее окажут не в полной мере, 33,8% не станут обращаться за помощью, потому что уверены, что специалисты не смогут решить их проблему, и 39,8% просто не хотят рассказывать о своих проблемах. Возможно, это может быть связано с недостаточной информированностью о деятельности учреждений города или с недоверием и неуверенностью, что можно получить необходимую помощь. Эти данные необходимы разработчикам проектов для популяризации своей деятельности и оказания своей помощи максимальному количеству неполных семей. Так, при реализации проектного подхода возможно использование ресурсов, направленных на информирование семей о субъектах социальной помощи (разработка и распространение буклетов, информация в СМИ и др.).

В рамках исследования было проведено интервью со специалистами центра социальной помощи семье и детям г. Магнитогорска: социальным педагогом, психологом и специалистом по социальной работе. Было выявлено, какие виды социальной поддержки неполной семьи осуществляются в данном отделении. В центре работает женский клуб «Открытое сердце», в котором проводится социальная реабилитация женщин и детей, оказывается материальная помощь неполным семьям; предоставляется бесплатное обеспечение электронными проездными билетами учащихся средних образовательных учреждений из неполных семей, оказавшихся в трудной жизненной ситуации; предоставляются бесплатные путевки в загородные детские оздоровительные лагеря, бесплатные билеты в цирк, аквапарк и театр, организуются чаепития и проведение праздников с концертами для родителей и детей. Как мы видим, методы и формы поддержки неполной семьи в «Комплексном центре социального обслуживания населения» разнообразны.

На следующий вопрос интервью «Какие особенности в социальной работе с неполной семьей следует учитывать при разработке и реализации проектов?» респонденты ответили, что детям из неполной материнской семьи острее угрожает эмоциональная депривация (недостаточность эмоциональных контактов внутри семьи), чем в семье, где есть и мать, и отец, поэтому в проектах обязательно должны быть мероприятия по психолого-педагогическому сопровождению семьи.



Средства, на которые живет семья

Отделение профилактики безнадзорности несовершеннолетних данного учреждения осуществляет социальную реабилитацию семей с несовершеннолетними, в том числе и с неполными семьями, находящимися в социально опасном положении и «группе риска», и нуждающимися в социальной поддержке. Все чаще в деятельности центра используется проектный подход. Интервьюируемый специалист рассказал об этапах и содержании работы с семьями данного типа при реализации проектов: проводится диагностика, выявляются проблемы и потребности семьи и далее реализуется индивидуальная программа реабилитации в рамках разработанного проекта. Именно проектный подход способствует активизации собственных потенциалов несовершеннолетнего, семьи и специалистов в решении проблем личности, семьи и общества. В отделении дневного пребывания несовершеннолетние проходят курс социально-психологической реабилитации.

На вопрос «Какие особенности существуют в работе с неполной семьей?» был получен следующий ответ: «Дети из неполных семей отличаются такими личностными качествами, как неразговорчивость, замкнутость, неумение забывать неудачи, неумение владеть собой, непрактичность, неуверенность в себе, нервозность, стремление постоянно быть одному и тому подобные». Чтобы работа с неполной семьей была более эффективной, необходимо, чтобы члены неполной семьи осознавали себя не объектами, а субъектами в данном процессе. Решить этот вопрос в необходимой мере традиционные подходы и методы не позволяют. При реализации же проектного подхода появляется возможность привлечения кадровых, экономических, материально-технических ресурсов, благодаря которым проблемы семьи могут быть решены более эффективно.

Выводы

Проведенное исследование показало, что педагогическая, психологическая и социальная помощь и поддержка в учреждениях социальной защиты населения ведется регулярно, с использованием различных технологий, методов и форм, в основном давно известных, традиционных. Для перехода на новый качественный уровень в работе с неполной семьей необходимо реализовывать такие социальные технологии, которые позволят активизировать потенциал и специалистов, и самой семьи для решения различных проблем.

Проведенное исследование показало, что проектный подход позволит максимально индивидуализировать решение проблем конкретных семей. Реализация проекта позволяет активизировать семью на решение

собственных проблем, развивает личностные качества членов семьи, способствует реализации различных потенциалов за счет переживания моментов самореализации, создания ситуации успеха. Эффективность проектного подхода достигается за счет конкретно поставленной цели проекта, сформулированного круга задач, а также определенных ресурсов и сроков. В качестве ресурсов используются внутренние силы членов семьи, нуждающейся в помощи, и ресурсы учреждения, осуществляющего социальное сопровождение и оказывающее помощь неполной семье: кадры и механизмы организации работы. Обобщая опыт использования проектного подхода в учреждениях социальной защиты и образования, мы пришли к выводу, что отношение членов неполных семей к своим проблемам меняется. Так, результаты повторного интервью со специалистами, которые начали применять в своей работе с неполной семьей проектный подход, показали, что родители стали активнее в решении своих проблем, а дети продемонстрировали в ходе участия в различных проектах улучшение психологического состояния, развитие коммуникативных навыков. Кроме того, специалисты отмечают, что преимущества применения проектного подхода в работе с неполной семьей заключаются в том, что достижение цели ограничено временем и ресурсами, семья становится субъектом в решении своих проблем, а специалист осуществляет сопровождение, выступая посредником между семьей и различными социальными институтами и специалистами в рамках межведомственного и внутриведомственного взаимодействия, направляя и консультируя членов неполной семьи. Также проектный подход позволяет решать одновременно комплекс выявленных проблем неполной семьи благодаря включению в социальное сопровождение мультидисциплинарной команды специалистов: психологов, педагогов, социальных педагогов, специалистов по социальной работе и др.

Список литературы

1. Мустаева Ф.А., Потрикеева О.Л. Социальное самочувствие семьи в современных условиях // Дискуссия. 2013. № 8(38). С. 95–102.
2. Мустаева Ф.А., Бурилкина С.А., Ищанова Б.Т., Потрикеева О.Л., Супруненко Г.А., Меренков А.В. Современная российская семья: противоречия функционирования и развития: монография. Магнитогорск: МаГУ, 2013. 292 с.
3. Зезюлько А.В., Кузьмин С.П. Социальные технологии и технологии социальной работы // Успехи современной науки. 2016. Т. 9. № 11. С. 145–149.
4. Плотников М.В., Смелцова С.В. Социальные технологии как объект социологического исследования // В мире научных открытий. 2012. № 4.3. С. 169–187.
5. Стефанов Н. Общественные науки и социальная технология. М., 1976. 254 с.
6. Потрикеева О.Л., Халикова Д.А. Реализация проектного подхода в профессиональной подготовке магистров // Форум молодых ученых. 2017. № 1(5). С. 484–488.

УДК 378

ДИНАМИКА ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ ГОТОВНОСТИ СТУДЕНТОВ – БУДУЩИХ ДИЗАЙНЕРОВ К ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Власенко О.В., Накохова Р.Р.

*ФГБОУ ВО «Северо-Кавказская гуманитарно-технологическая академия», Черкесск,
e-mail: olik_0382@mail.ru, rid.r_nakoh@list.ru.*

В настоящей статье рассмотрена динамика профессиональной готовности студентов-дизайнеров к проектной деятельности, выявлены педагогические условия для реализации авторской модели и программы профессиональной подготовки студентов-дизайнеров. Представлены результаты исследования для экспериментальной и контрольной группы на начальном этапе эксперимента. Исходя из этого, проведение всех методик позволило нам сформировать представление об уровне сформированности профессиональной готовности будущих дизайнеров к реализации своих профессиональных компетенций и представить в обобщённом виде результаты диагностики. Подчеркнём, что низкий уровень – базовая (слабая) профессиональная готовность – это низкомотивированные студенты, со слабо выраженными установочными ориентациями преобладает ориентация на процесс, эгоистические тенденции. Средний уровень – уровень адаптивной профессиональной готовности – следуют дисгармоничные установочные ориентации, некоторые ориентации выражены сильно, а другие могут отсутствовать, эгоистические тенденции на уровне «разумного эгоизма» в сочетании ориентацией на деньги или ориентация на труд сочетается с альтруистическими тенденциями. Высокий уровень – творческой профессиональной готовности: здесь высокая мотивация с гармоничными ориентациями, оптимальные цели, средства и результат в структуре деятельности, высокая и выше средней мотивация достижения, гармония жизненных целей и их ресурсов, развита личностная креативность.

Ключевые слова: профессиональная готовность, проектная деятельность, педагогические условия, дизайн, проектирование, эксперимент, студенты-дизайнеры

DYNAMICS OF PROFESSIONAL READINESS OF STUDENTS – FUTURE DESIGNERS TO PROJECT ACTIVITY

Vlasenko O.V., Nakokhova R.R.

*North Caucasus Humanitarian-Technological Academy, Cherkessk,
e-mail: olik_0382@mail.ru, rid.r_nakoh@list.ru*

In this article, the dynamics of professional readiness of design students for project activities is considered, pedagogical conditions for the implementation of the author's model and the program for professional training of design students are revealed. The results of the study for the experimental and control groups at the initial stage of the experiment are presented. Proceeding from this, carrying out all the techniques allowed us to form an idea about the level of the professional readiness of future designers for the realization of their professional competencies and to present the results of diagnostics in a generalized form. Let us emphasize that the low level – the basic (weak) professional readiness is low-motivated students, with poorly expressed orientation orientations the orientation toward the process, selfish tendencies prevails. The average level – the level of adaptive professional readiness – is followed by disharmonious orientation orientations, some orientations are pronounced strongly, and others may be absent, selfish tendencies at the level of reasonable egoism» combined with a focus on money or orientation toward work are combined with altruistic tendencies. High level of creative professional readiness: high motivation with harmonious orientations, optimal goals, means and result in the structure of activity, high and higher average motivation for achievement, harmony of life goals and their resources, personal creativity is developed.

Keywords: professional preparedness, project activity, pedagogical conditions, design, experiment, students-designers

Педагогические и информационные технологии способствуют реализации основных концептуальных идей и достижению поставленных целей в области образования, педагог использует их в своей профессиональной практической деятельности. Информатизация образования является неотъемлемой частью информатизации общества-глобального социального процесса [1]. Критериальную характеристику процесса организации профессиональной готовности студентов представляет включающий в качестве основных компонентов: когнитивный, мотивационный, эмоционально-волевой, креативный, информационно-комму-

никативный компоненты. Педагогические условия, обеспечивающие результативность формирования профессиональной подготовки компьютерному проектированию будущих дизайнеров и готовность к самостоятельной профессиональной деятельности, включают в себя совокупность условий: образовательные условия, профессионально-специфические условия, мотивационно-личностные.

Цель исследования: выявить на начальном этапе эксперимента полученные нами эмпирические данные, от обеих частей выборки (экспериментальная и контрольная группы), в итоге определить тот или иной

описанный нами выше уровень профессиональной готовности и, предваряя их анализ, сначала представить результаты диагностики и описание обнаруженных характеристик величин интересующих нас показателей по каждой методике.

С учетом выявленного комплекса педагогических условий (образовательные, профессионально-специфические, мотивационно-личностные условия) разработана и экспериментально апробирована авторская модель и программа эффективной профессиональной подготовки будущих дизайнеров средствами компьютерной технологий. В процессе формирующего эксперимента введена в образовательный процесс студентов специальности 54.03.01 Дизайн-дисциплина «Компьютерный дизайн-проектирование». Определены уровни профессиональной готовности будущих студентов-дизайнеров, с внедрением авторской модели и экспериментальной программы, обеспечивающие эффективную профессиональную подготовку с низким, средним, высоким уровнем. На начальном этапе эксперимента полученные нами эмпирические данные, от обеих частей выборки (экспериментальная и контрольная группы), в итоге определяют тот или иной описанный нами выше уровень профессиональной готовности и, предваряя их анализ, сначала представим результаты диагностики и описание обнаруженных характеристик величин интересующих нас показателей по каждой методике.

Диагностический срез проводился дважды – на начальном и контрольном этапах эксперимента. Представим результаты обследования для экспериментальной (100 чел.) и контрольной группы (100 чел.) на начальном этапе. По методике диагностики социально-психологических установок личности в мотивационно-потребностной сфере (О.Ф. Потёмкина) [2] – результаты (экспериментальная группа), по параметрам «альтруизм – эгоизм» и «процесс – результат» (вариант 1 методики О.Ф. Потёмкиной) ориентация на процесс выявлена у 30% обследуемых, ориентация на результат – у 60%, ориентация на альтруизм – у 20% и ориентация на эгоизм – у 80%. По параметрам «свобода – власть», «труд – деньги» (вариант 2 методики) ориентация на труд выявлена у 40% обследуемых, ориентация на свободу – у 70%, ориентация на власть – у 45% и ориентация на деньги – у 30%. Статистический сравнительный анализ полученных данных здесь и далее по работе проводился с использованием программы SPSS, v. 22.0. Для данного параметра использован критерий U-Манна – Уитни.

Как видно из табл. 1, статистический анализ не показал различий между экспериментальной и контрольной группами по параметрам установок в мотивационно-потребностной сфере (эмпирические значения U колеблются от 812,0 ед. до 2115,0 ед., что соответствует уровню значимости от 0,107 ед. до 0,462 ед.).

Содержательный анализ представленных данных позволяет констатировать следующее.

Преобладающая совокупность тенденций («эгоизм», «власть», «результат») как в экспериментальной, так и в контрольной группах характеризует обследованных студентов с достаточно традиционной стороны: потребность в самореализации молодого человека (эгоизм) согласуется с направленностью на получение конечного продукта обучения в вузе и сочетается с властной установкой и установкой на свободное действие, поскольку эти последние в основном построены на амбициях, честолюбии и стремлении возвыситься среди других, исходя из того, что сам субъект является причиной своих действий, что характерно для возраста молодого человека; при этом потребность во власти проявляется в виде заинтересованности во влиянии на других людей и получении ощущения удовлетворения от участия в их судьбах, но притом, что субъект сам контролирует свои выборы, решения, действия. По методике «Цель – средство – результат» (ЦСР) А.А. Карманова представлены результаты диагностики для контрольной и экспериментальной групп. Как видно уровневая представленность параметров структуры деятельности для экспериментальной группы выглядит так: для параметра «цель» низкий уровень не обнаружен у обследуемых, средний уровень обнаружен у 50% студентов, высокий (оптимальный) уровень также у 50% студентов представлен в группе. Для параметра «средство» – низкий уровень не обнаружен, средний уровень – у 65% обследуемых, оптимальный (высокий) уровень – у 35% обследуемых, чрезмерного уровня не обнаружено. По параметру «результат» низкий уровень (переоценка своих результатов) выявлен у 75% испытуемых, оптимальный (высокий) – у 25%, а уровня, соответствующего недооценке своего результата, не обнаружено, по параметру «цель» низкий уровень не представлен у испытуемых, средний – у 45%, оптимальный (высокий) уровень – у 55% испытуемых. Статистический анализ данных проводился с использованием критерия U-Манна – Уитни. Результаты в табл. 2.

Таблица 1

Результаты сравнения экспериментальной и контрольной групп по параметру установок личности в мотивационно-потребностной сфере

Параметр	Процесс	Результат	Эгоизм	Альтруизм	Труд	Свобода	Власть	Деньги
U-Манна – Уитни	891,5	1698,5	812,0	1353,0	1968,0	2115,0	915,5	1152,0
Статистика W Вилкоксона	1716,0	3651,5	1654,5	2118,0	3821,5	3991,0	1701,5	2198,0
Нормализованное значение Z	-0,920	-1,118	-0,765	-1,219	-1,352	-1,419	-0,916	-1,015
Уровень значимости (p)	0,131	0,264	0,107	0,191	0,313	0,462	0,128	0,139

Таблица 2

Результаты сравнения экспериментальной и контрольной групп

Параметр	Цель	Средство	Результат
U-Манна-Уитни	1584,0	1232,5	1765,0
Статистика W Вилкоксона	3219,5	2081,5	3412,0
Нормализованное значение Z	-1,081	-1,192	-1,219
Уровень значимости (p)	0,231	0,176	0,324

Таблица 3

Параметры статистического сравнения экспериментальной и контрольной групп по показателю мотивации достижения (констатирующий этап).

№ п/п	Параметры	Значение показателя
1	Критерий χ^2 -Пирсона	40,400
2	Количество степеней свободы	38
3	Уровень значимости (p)	0,365

Как видно из табл. 2, статистический анализ не показал различий между экспериментальной и контрольной группами по параметрам структуры деятельности (эмпирические значения U колеблются от 1232,5 ед. до 1765,0 ед., что соответствует уровню значимости от 0,176 ед. до 0,324 ед.).

Содержательный анализ представленных данных и табл. 2 позволяет констатировать следующее. Сформированность профессиональной готовности будущих дизайнеров с точки зрения параметра структуры деятельности на выборке в экспериментальной и контрольной группах находится в целом на среднем и низком уровне, хотя при этом есть тенденция к оптимальному уровню.

Результаты использования методики Т. Элерса, диагностики личности на мотивацию к успеху, представлены для экспериментальной и контрольной групп [3]. В экспериментальной группе низкий уровень мотивации к успеху – у 42% обследуемых, слишком высокий уровень – у 20%, средний уровень – ещё у 20% и умеренно высокий уровень мотивации – у 18% студентов. В контрольной группе у 45% студентов низкий уровень мотивации к успеху,

у 15% – слишком высокий уровень мотивации к успеху, у 30% – средний уровень и у 10% – умеренно высокий. Для сравнительного анализа экспериментальной и контрольной групп студентов по показателю мотивации к достижению успеха использовался критерий χ^2 -Пирсона. Результаты анализа приведены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, значения показателя для параметров сравнения находятся на низком уровне значимости ($p = 0,365$), что свидетельствует об отсутствии достоверных различий между сравниваемыми группами. Таким образом, на основе проведённого анализа можно утверждать, что количественные показатели сформированности у студентов мотивации к достижению успеха на констатирующем этапе в контрольной и экспериментальной группах отличаются незначительно.

Дальнейшая диагностика проходила с помощью теста «Методика для диагностики учебной и профессиональной мотивации студентов» А.А. Реана [4] и В.А. Якунина в модификации Н.Ц. Бадмаевой. Результаты обрабатывались по семи шкалам, где необходимо было высчитать средний показатель

по каждой шкале опросника. По итогам диагностики мы получили следующие результаты: коммуникативные мотивы представлены в 40% случаев в экспериментальной и 50% – в контрольной группах, мотивы избегания – в 10% и 30% соответственно, мотивы престижа – в 50% и 50%, профессиональные мотивы – в 60% и 65%, мотивы творческой самореализации – в 20% и 33%, учебно-познавательные мотивы – в 40% и 40% и социальные мотивы – в 50% и 64% случаев.

По полученным данным можно сделать вывод о том, что профессиональные, коммуникативные, социальные и мотивы престижа у студентов находятся в числе приоритетных. Следовательно, студенты ориентированы на усвоение способов добывания знаний, на то, чтобы реализоваться в своей будущей профессиональной сфере, обеспечить успешность будущей профессиональной деятельности. Представим обобщённые результаты учебной и профессиональной мотивации студентов по реализованной методике путём подсчёта среднего суммарного показателя по каждому уровню мотивации, что на констатирующем этапе у студентов преобладает средний уровень сформированности учебной и профессиональной мотивации: у 52,5% студентов из экспериментальной группы и у 48,6% студентов из контрольной группы. Низкий уровень сформированности учебной и профессиональной мотивации отмечался у 32,3% студентов в экспериментальной группе и у 33,9% в контрольной группе. Высокий уровень сформированности учебной и профессиональной мотивации наблюдался у 15,2%, а в экспериментальной группе – у 17,5%.

Из табл. 4, по видам учебных и профессиональных мотивов между экспериментальной и контрольной группами на начальном этапе эксперимента достоверных различий не выявлено. Уровень значимости для всех семи шкал находится в диапазоне от $p = 0,107$ (для мотивов избегания) до $p = 0,462$ (для мотивов творческой самореализации). Полученные результаты свидетельствуют о том, что без специальной работы, без создания специальных педагогических условий для отдельной группы студентов – в целом по выборке студенты не отличаются друг от друга по доминированию тех или иных мотивов, их иерархии или выраженности мотивационных комплексов как совокупности мотивов.

Диагностика по тесту «Осознанность жизненных целей» проводилась для определения уровня сформированности жизненных целей обследуемых студентов.

В экспериментальной группе по шкале А – низкий и средний уровни показателя в равной мере представлены половиной (50%) от числа обследуемых студентов, высокий уровень не выявлен. По шкале Б – низкий уровень показателя у 50% от общего числа студентов, средний – у 30% и высокий – у 20% студентов. В контрольной группе по шкале А низкий и средний уровни показателя характерны для 60% и 40% обследованных студентов соответственно, высокого уровня не обнаружено. По шкале Б выявлено 45% студентов с низким уровнем показателя, 30% и 25% – для среднего и высокого уровня соответственно.

Заметим, что для целей согласования результатов диагностики параметров профессиональной готовности по разным параметрам представлены также общие средние для экспериментальной (50% низкий уровень, 40% – средний и 10% – высокий соответственно) и контрольной (52,5% низкий уровень, 35% – средний и 12,5% – высокий) групп студентов. Сравнительный статистический анализ проводился с использованием критерия U. Результаты в табл. 5.

Как видно в табл. 5, значимых различий между экспериментальной и контрольной группами по параметрам осознанности жизненных целей (шкала А – $p = 0,347$; шкала Б – $p = 0,272$ и общее среднее – $p = 0,298$) не обнаруживается. Диагностику личностной креативности с использованием соответствующей методики Е.Е. Туник мы реализовали для выявления параметров любознательности, воображения, сложности и склонности к риску [5]. В экспериментальной группе любознательность как параметр креативности представлена на 50% у обследованных студентов, воображение – на 30%, сложность – также на 30% и склонность к риску – на 35% у респондентов. В контрольной группе любознательность представлена на 50% студентов-дизайнеров, воображение – на 35%, сложность – на 20% и склонность к риску – на 15%. Статистический анализ проводился с использованием U-критерия Манна – Уитни. Результаты в табл. 6.

Как видно из табл. 6, значимых различий между экспериментальной и контрольной группами по параметрам креативности не обнаруживается: для любознательности $p = 0,109$, воображения – $p = 0,232$, сложности – $p = 0,131$, рисковости – $p = 0,212$. Испытывающий позитивные чувства по отношению к себе имеет гораздо выше оценку, и он является наиболее творческой, любознательной, с воображением личностью, способной пойти на риск и разобраться в сложных проблемах. Предполагается, что эти факторы тесно связаны с творчески-

ми способностями. Полученные в нашем случае результаты свидетельствуют о том, что в наибольшей степени в обеих группах представлена и сформирована любознательность, т.е. студенты в достаточной степени развиты по параметрам активности мышления, поиску новых путей и способов мышления, разным возможностям решения задач и пр. Таким образом, проведение всех методик позволяет нам сформировать представление об уровне сформированности профессионализма студентов к реализации своих профессиональных компетенций и представить в обобщённом виде результаты диагностики.

В экспериментальной группе 39 чел. с низким уровнем профессиональной готовности, 49 – со средним и 12 – с высоким. В контрольной группе – 43 с низким, 47 – со средним и 10 – с высоким. Для сравнительного статистического анализа групп студентов по измеренному показателю использовался критерий χ^2 -Пирсона. Результаты анализа приведены в табл. 7.

Как видно из табл. 7, значения показателя для параметров сравнения находятся на очень низком уровне значимости ($p = 0,814$), что свидетельствует об отсутствии достоверных различий между сравниваемыми группами.

Таблица 4

Параметры статистического сравнения компонентов учебной и профессиональной мотивации между экспериментальной и контрольной группами. Констатирующий этап

Параметры	Коммуникативные мотивы	Мотивы избегания	Мотивы престижа	Профессиональные мотивы	Мотивы творческой самореализации	Учебно-познавательные мотивы	Социальные мотивы
U-Манна – Уитни	1251,5	812,0	1353,0	1968,0	2115,0	915,5	1152,0
Уровень значимости (p)	0,154	0,107	0,191	0,313	0,462	0,128	0,139

Таблица 5

Результаты статистического анализа различий между экспериментальной и контрольной группами по параметрам осознанности жизненных целей (констатирующий этап эксперимента)

№ п/п	Параметры	Шкала А	Шкала Б	Общее среднее
1	Значение критерия U-Манна – Уитни	2317,0	1872,5	1932,5
2	Статистика W Вилкоксона	3815,0	2953,0	3211,0
3	Нормализованное значение Z	-1,381	-1,276	-1,293
4	Уровень значимости (p)	0,347	0,272	0,298

Таблица 6

Результаты статистического анализа различий между экспериментальной и контрольной группами по параметрам креативности (констатирующий этап эксперимента)

№ п/п	Параметры	любопытность	воображение	сложность	рисковость
1	Значение критерия U-Манна – Уитни	876,5	1324,5	925,5	1098,5
2	Статистика W Вилкоксона	1815,0	2534,0	1715,0	2114,0
3	Нормализованное значение Z	-0,814	-1,165	-0,934	-1,105
4	Уровень значимости (p)	0,109	0,232	0,131	0,212

Таблица 7

Параметры статистического сравнения экспериментальной и контрольной групп по показателю сформированности профессиональной готовности (констатирующий этап)

№ п/п	Параметры	Значение показателя
1	Критерий χ^2 -Пирсона	34,640
2	Количество степеней свободы	43
3	Уровень значимости (p)	0,814

Выводы

В итоге на основе проведённого статистического анализа можно утверждать, что на констатирующем этапе в контрольной и экспериментальной группах, количественные показатели сформированности профессиональной готовности у студентов-дизайнеров к реализации своих профессиональных компетенций к проектной деятельности отличаются незначительно. Сказанное относительно заниженного уровня профессиональной готовности студентов в группах обследуемых, а также результаты статистического анализа позволяет нам сформулировать два тезиса:

– необходимы разработка и реализация в учебном процессе в вузе специальных педагогических условий для повышения степени сформированности профессиональной готовности у студентов системой современных компьютерных технологий к реализации, формирующих профессионально-информационную компетентность;

– для доказательства эффективности реализации разработанных педагогических условий в экспериментальной группе подобранная для сравнения контрольная группа является эквивалентной, то есть подходящей для заявленной цели.

Список литературы

1. Киселев Г.М., Бочкова Р.В. Информационные технологии в педагогическом образовании: учебник. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Издательско-торговая корпорация «Дашков и К^о», 2014. 304 с.
2. Райгородский Д.Я. Методика диагностики социально-психологических установок личности в мотивационно-потребностной сфере О.Ф. Потёмкиной // Практическая психодиагностика: методики и тесты: учебное пособие. Самара: «Бахрах-М», 2001. С. 641–648.
3. Райгородский Д.Я. Практическая психодиагностика. Методики и тесты: учебное пособие. Самара: «Бахрах-М», 2011. 672 с.
4. Бордовская Н.В., Реан А.А., Педагогика: учебное пособие. СПб.: Питер, 2009. 304 с.
5. Фетискин Н.П., Козлов В.В., Мануйлов Г.М. Социально-психологическая диагностика развития личности и малых групп. 2-е изд., доп. М.: Психотерапия, 2009. 544 с.

УДК 37.031.4

ПРОЕКТИРОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОГО КОНСТРУКТОРА «УМНАЯ ПАРКОВКА» ДЛЯ ЗНАКОМСТВА ОБУЧАЮЩИХСЯ С ТЕХНОЛОГИЕЙ «ИНТЕРНЕТ ВЕЩЕЙ»

Гребнева Д.М.*ФГАОУ ВО «Российский государственный профессионально-педагогический университет»,
филиал, Нижний Тагил, e-mail: grebdash@gmail.com*

Статья посвящена проблеме совершенствования образовательной среды школы за счет использования высокотехнологичного учебного оборудования. В качестве технологической основы обучения школьников работе с высокотехнологичным оборудованием автор рассматривает образовательные робототехнические конструкторы. Целью статьи является представление проекта робототехнического обучающего конструктора «Умная парковка» на базе платформы Arduino для знакомства школьников с концепцией «Интернет вещей». В работе определены общие и функциональные требования к проектируемому конструктору, его состав и алгоритм работы на основе объектно-ориентированного подхода. В конструкторе выделены три подсистемы: подсистема контроля и отображения свободных парковочных мест, подсистема контроля и учета въезда автомобилей на парковку, подсистема автоматического управления освещением – и приведено возможное оборудование для их реализации. Также автором представлены схемы и диаграммы для иллюстрации структуры и последовательности работы с системой «Умная парковка», приведен расчет примерной стоимости оборудования для создания конструктора. В заключении выделены образовательные задачи использования робототехнического конструктора «Умная парковка» в учебном процессе и рассмотрены возможности его применения для проведения практических занятий и мастер-классов по робототехнике для обучающихся.

Ключевые слова: кванториум, «Интернет вещей», робототехнический конструктор, проектирование, образовательная робототехника, учащиеся, школа

DESIGNING THE ROBOT ELECTRONIC KIT «SMART PARKING» TO LEARN THE STUDENTS THE INTERNET OF THINGS TECHNOLOGY

Grebneva D.M.*Federal Autonomous Educational University of Higher Education Russian State Vocational Pedagogical
University, branch, Nizhniy Tagil, e-mail: grebdash@gmail.com*

The article is devoted to the problem of improving the educational environment of the school at the expense of high-tech educational equipment. The author considers educational robot electronic kits as the technological basis for teaching students to work with high-tech equipment. The aim of the article is to present the project of the robot electronic kit «Smart Parking» on the basis of Arduino platform to learn the students the Internet of Things technology. The work defines the general and functional requirements for the designing kit, its composition and algorithm of operation based on the object-oriented approach. In the kit three subsystems are distinguished: a subsystem for monitoring and displaying free parking spaces, a subsystem for monitoring and accounting for the entry of cars into the parking lot, a subsystem for automatic lighting control. The possible equipment for their implementation is proposed too. Also, the author presents diagrams for illustrating the structure and sequence of work with the Smart Parking system, the approximate cost of equipment for creating a robot electronic kit is also given. In conclusion, the author highlight the educational tasks of using the robotic kit «Smart Parking» in the educational process and the possibilities of its application for conducting practical classes and master classes on robotics for students.

Keywords: quantion, Internet of Things, robot electronic kit, design, educational robotics, pupils, school

Научно-технологическое развитие страны невозможно без создания «современной и безопасной цифровой образовательной среды, обеспечивающей высокое качество и доступность образования всех видов и уровней» [1]. Перспективным проектом для развития такой образовательной среды на данный момент является работа «кванториумов» – площадок, оснащенных высокотехнологичным оборудованием, нацеленных на подготовку новых высококвалифицированных инженерных кадров, разработку, тестирование и внедрение инновационных технологий и идей. Мысль о создании кванториумов была положительно воспринята детскими садами и школами

для организации локальных «мини-кванториумов» по определенному направлению.

Основой мини-кванториумов по направлению «робототехника» могут быть робототехнические конструкторы, моделирующие применение технологии «Интернет вещей». «Интернет вещей» является перспективной концепцией в сфере hi-tech, которая подразумевает объединение физических предметов («вещей»), оснащённых встроенными технологиями в единую сеть для взаимодействия друг с другом или с внешней средой [2]. Организация таких сетей рассматривается как явление, способное перестроить экономические и общественные процессы, исключаящее из части дей-

ствий и операций необходимость участия человека [3].

Для знакомства детей в игровой форме с основами технологии «Интернет вещей» может быть использован робототехнический конструктор, моделирующий применение этой технологии в несложном, известном детям процессе, например работе «умной» парковки автомобилей. Термин «умный» показывает, что часть функций парковки должна быть автоматизированной для повышения удобства и надежности ее использования.

Раннее знакомство с высокотехнологичным оборудованием, изучение области его применения и принципов работы будет способствовать развитию инженерного мышления учащихся, что является актуальной образовательной задачей сегодня. Решение данной задачи требует технологического обеспечения образовательного процесса, в том числе проектирования и разработки робототехнических конструкторов для изучения разных аспектов применения технологии «Интернет вещей».

Целью исследования является описание проекта робототехнического конструктора «Умная парковка» для знакомства обучающихся с технологией «Интернет вещей».

Материалы и методы исследования

К основным методам исследования, которые применялись в работе, можно отнести изучение научно-методической и технической литературы для определения базовых используемых понятий; теоретическое проектирование и моделирование и анализ существующих аналогов конструкторов.

В данной работе под конструктором мы будем понимать набор стандартных деталей, из которых можно собрать одну или несколько моделей. Робототехнический конструктор – это конструктор с микроэлектронными программируемыми компонентами, позволяющими реализовывать элементы искусственного интеллекта, то есть автономного действия устройства в соответствии с изменяющимися условиями.

В настоящее время уже разработан ряд робототехнических конструкторов для изучения концепции «Интернет вещей». Например, конструкторы «Умный дом», «Умная юрта» «Экодом» и др. Перечисленные робототехнические конструкторы функционируют на базе платформы Arduino, которая представляет собой плату с контактами для подключения дополнительных компонентов. На базе Arduino создаются автономные и подключаемые к компьютеру проекты. Программный код записывается на саму плату, благодаря встроенному в процессор программатору.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ существующих аналогов подобных робототехнических конструкторов показал, что в качестве игрового поля во всех конструкторах моделируется

дом. Однако обучающиеся должны знать применение технологии «Интернет вещей» и в других сферах деятельности. Поэтому проектирование и дальнейшая разработка конструктора «Умная парковка» актуальны.

Робототехнический конструктор должен удовлетворять следующим требованиям:

- мобильность (конструктор должен быть нетяжелым, детали конструктора должны легко крепиться между собой);

- надежность (детали конструктора и микроэлектронные элементы должны быть прочными);

- расширяемость (должна быть предусмотрена возможность добавления дополнительных деталей и микроэлектронных компонентов для расширения функциональных возможностей конструктора).

Для проектирования робототехнического конструктора был выбран объектно-ориентированный подход, основанный на объектной декомпозиции с описанием поведения системы в терминах взаимодействия объектов [4]. При описании системы на основе такого подхода используются предметы и понятия реального мира, имеющие отношение к разрабатываемой системе. Для наглядности используются различные диаграммы, иллюстрирующие тот или иной аспект проектируемой системы.

Функциональные требования к проектируемому конструктору представляются в виде диаграммы вариантов использования. Вариант использования представляет собой последовательность действий транзакций, выполняемых системой в ответ на событие, инициируемое некоторым внешним объектом (действующим лицом). Вариант использования описывает типичное взаимодействие между пользователем и системой и отражает представление о поведении системы с точки зрения пользователя. В простейшем случае вариант использования определяется разработчиком как функция, которую должна реализовывать проектируемая система. Действующее лицо (actor) – это роль, которую пользователь играет по отношению к системе [5].

В проектируемой системе умной парковки действующим лицом является водитель, который может инициировать ряд вариантов использования системы: посмотреть свободные места на парковке, получить карту радиомаркера (RFID), зарегистрировать автомобиль на парковке, открыть шлагбаум, заехать на парковку, встать на свободное место и снять автомобиль с учета (рис. 1).

Согласно выделенным функциональным требованиям в робототехническом конструкторе можно выделить следующие подсистемы.

1. Подсистема контроля и отображения свободных парковочных мест.

2. Подсистема контроля и учета въезда автомобилей на парковку.

3. Подсистема автоматического управления освещением.

Для автоматизации работы перечисленные подсистемы должны управляться контроллером. Наиболее распространенным и подходящим для реализации выделенных нами функций конструктора является контроллер Arduino UNO R3 – представитель контроллеров компании «Arduino», созданных на микроконтроллере ATmega328 [6]. Плата имеет 14 цифровых входов/выходов, 6 из которых могут использоваться как выходы ШИМ, а также есть 6 аналоговых выходов. По сравнению с предыдущими версиями Arduino UNO R3 характеризуется более удобной маркировкой входов и выходов. Функциональность платы может быть увеличена за счет использования многочисленных расширений. Питание Arduino UNO R3 подается по USB или от внешнего источника питания, в качестве которого может использоваться аккумуляторная батарея или сетевой AC/DC-адаптер.

Контроллер Arduino UNO R3 может быть присоединен к компьютеру, другой плате Arduino или к другому микроконтроллеру.

Таким образом, для функционирования робототехнического конструктора «Умная парковка» потребуются следующие микроэлектронные устройства. Для управления всеми подсистемами конструктора – контроллер Arduino Uno R3. Для реализации подсистемы контроля и отображения свободных парковочных мест – дальнометры для регистрации того, что парковочное место занято; светодиоды для индикации свободных/ занятых мест на местах парковки; жидкокристаллический экран для отображения свободных/ занятых мест. Для реализации подсистемы контроля и учета въезда автомобилей на парковку – базовая система RFID для доступа и регистрации автомобиля на парковке, семисегментный индикатор (для организации счетчика машин на парковке). Для реализации подсистемы автоматического управления освещением – световые элементы с фоторезисторами и датчиком движения.

Схема робототехнического конструктора «Умная парковка» представлена на рис. 2.

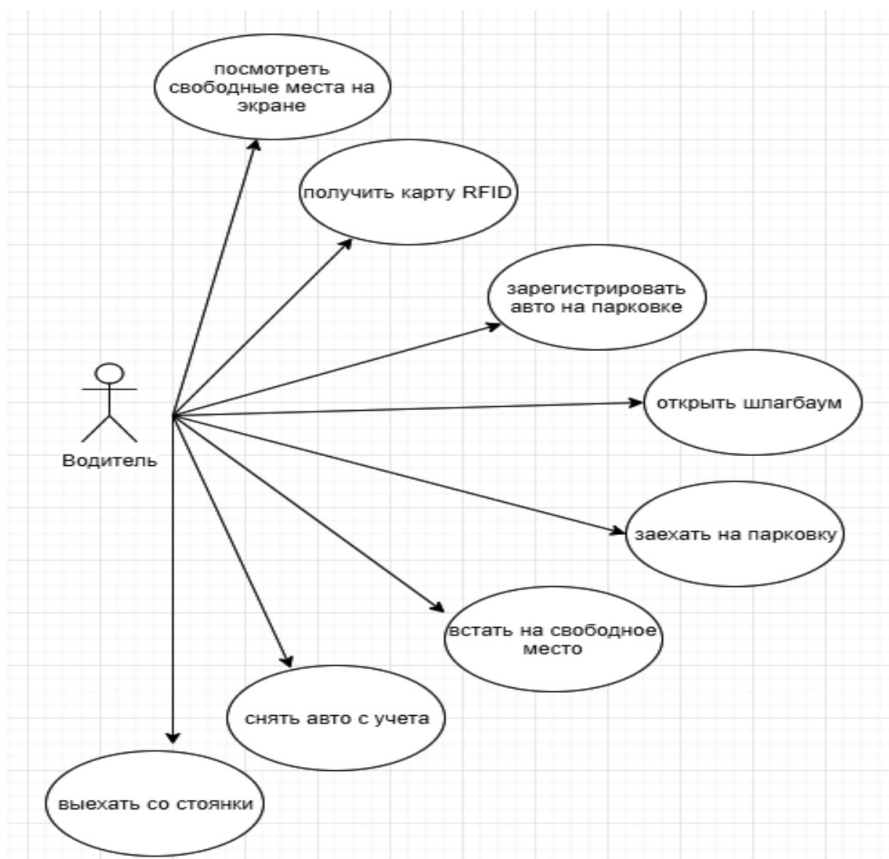


Рис. 1. Диаграмма вариантов использования

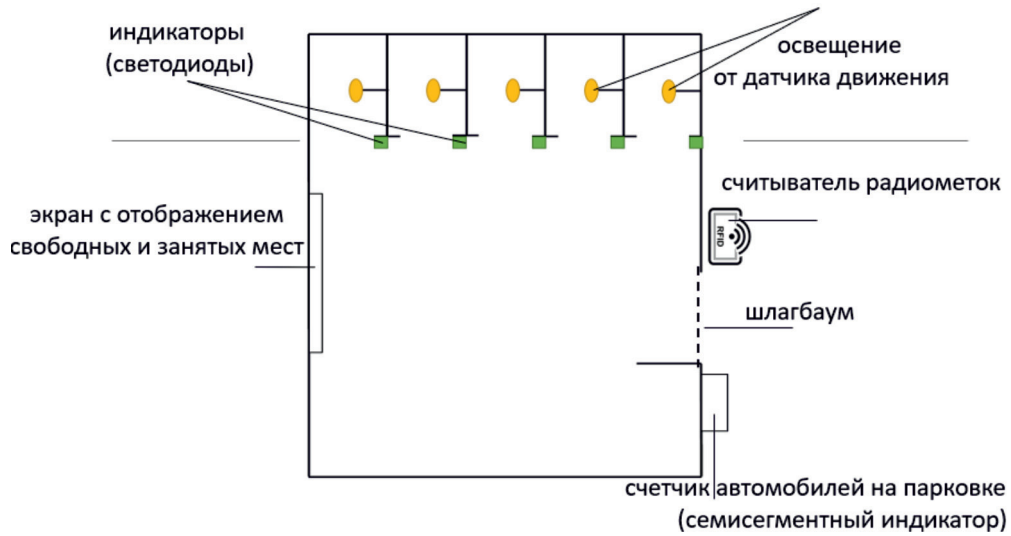


Рис. 2. Схема конструктора

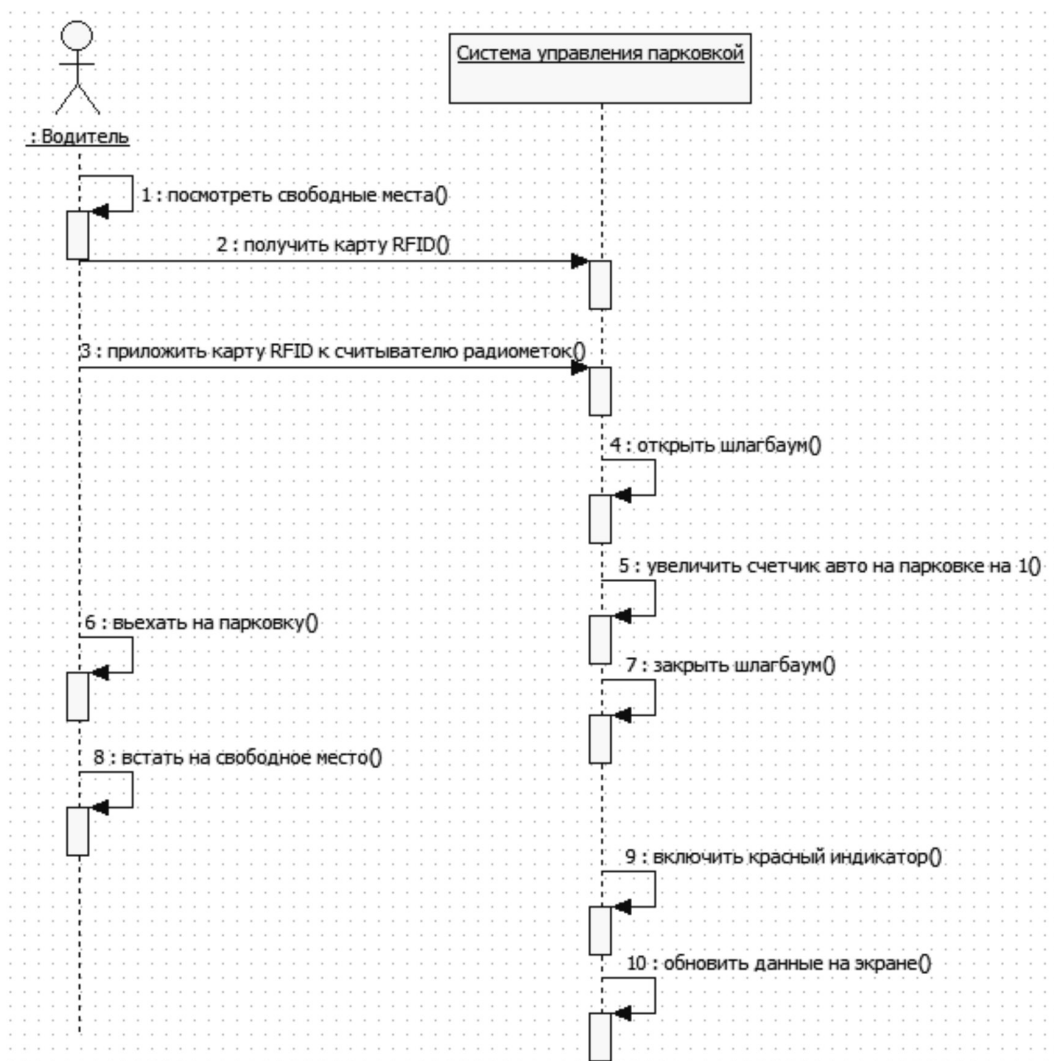


Рис. 3. Диаграмма последовательности

Для более подробного и наглядного описания работы «Умной парковки» может быть составлена диаграмма последовательности. Диаграмма последовательности – диаграмма, на которой показаны взаимодействия объектов, упорядоченные по времени их проявления [5]. В частности, на ней изображаются участвующие во взаимодействиях объекты и последовательность сообщений, которыми они обмениваются. Диаграмма последовательности составляется для каждого варианта использования. Для примера приведем описание варианта использования «Заехать на парковку».

Чтобы заехать на парковку, водитель должен посмотреть наличие свободных мест на парковке. При их наличии он получает карту RFID. Эту карту он прикладывает к считывателю радиометок, после чего автоматически открывается шлагбаум и счетчик автомобилей на парковке увеличивается на единицу. Водитель въезжает на парковку (система закрывает шлагбаум) и занимает свободное место. Это регистрируется в системе – включается красный индикатор и обновляется информация на экране, отображающем свободные места.

Таким образом, с помощью построенных диаграмм мы сможем описать алгоритм функционирования «Умной парковки» и последовательность действий водителя автомобиля.

Расчет примерной стоимости оборудования для комплектации робототехнического конструктора «Умная парковка» представлен в таблице.

Расчет стоимости оборудования для создания конструктора

Компоненты	Примерная стоимость, руб.
Микроэлектронные компоненты	
Контроллер Arduino Uno	520
Модуль связи ESP8266-07 WiFi	316
Индикаторы	532
Датчики и метки	1303
Сервомотор	201
Соединительные провода	316
Элементы питания	429
Макетные платы	326
Компоненты игрового поля	
Расходные материалы для 3D принтера	1409
Основание игрового поля	219
Краска	500
Итого	6071

Заключение

«Умная парковка» – проект робототехнического конструктора для моделирования возможностей автоматизации работы парковки с использованием программируемых микроэлектронных компонентов на основе технологии «Интернет вещей». Задачи робототехнического конструктора заключаются в предоставлении следующих возможностей обучающемуся:

- знакомства с принципом автоматизации процессов с использованием программируемых контроллеров;
- знакомства с принципом получения данных о внешней среде средствами различных сенсоров;
- знакомства с принципом удаленной передачи данных;
- знакомства с концепцией «Интернет вещей».

Робототехнический конструктор «Умная парковка» может стать технологической основой проведения практических занятий или мастер-классов по робототехнике, где обучающиеся смогут самостоятельно собирать конструктор и программировать систему управления парковкой. Кроме того, с помощью 3D-ручек возможно создавать дополнительные детали (подъемные механизмы, освещение, ворота и др.) и придумывать возможности автоматизации их действия. Обучающиеся смогут узнать о микроэлектронных устройствах и их использовании на производстве, в научных исследованиях и в повседневной жизни. Они получают возможность применить знания на практике в процессе работы с робототехническими конструкторами, которые моделируют применение устройств «Интернет вещей» в реальной жизни. Совместная проектная деятельность школьников при работе с конструктором будет способствовать созданию ситуации успеха для обучающихся, развитию умений командной работы.

Список литературы

1. О национальных целях и стратегических задачах развития Российской Федерации на период до 2024 года [Электронный ресурс]: указ Президента от 7 мая 2018 г. № 204. Режим доступа: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/57425> (дата обращения: 07.08.2018).
2. Бокселл Дж. Изучаем Arduino. 65 проектов своими руками. СПб.: Питер, 2017. 400 с.
3. Медунецкий В.М., Силаева С.В. Основные этапы развития технических наук. СПб.: Университет ИТМО, 2016. 67 с.
4. Советов Б.Я., Цехановский В.В. Информационные технологии. М.: Высшая школа, 2005. 263 с.
5. Смирнов М. UML – быстрый старт [Электронный ресурс]. Режим доступа: http://www.msmirnov.ru/public/UML_quick_start.pdf (дата обращения: 07.08.2018).
6. Петин В.А. Arduino и Raspberri Pi в проектах Internet of Things. СПб.: БХВ-Петербург, 2016. 320 с.

УДК 378.12

ПРОСТРАНСТВЕННОЕ МЫШЛЕНИЕ ПЕДАГОГОВ ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН: ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Ечмаева Г.А.

Тюменский государственный университет, Тюмень, e-mail: echmaeva@mail.ru

Активное развитие системы среднего профессионального образования, связанное с внедрением в производство высокотехнологичного оборудования и наукоемких технологий, оказывает значительное влияние на подготовку профессионально-педагогических кадров. Сегодня педагог технических дисциплин должен обладать не только навыками педагогического мастерства, но и профессионально владеть качествами инженера-производственника: читать чертежи, конструировать, моделировать, анализировать работу устройств и механизмов и т.д. Освоение данных компетенций невозможно без хорошо развитого пространственного мышления. В статье рассматривается структура понятия «пространственное мышление» с точки зрения предметных компетенций профессиональной деятельности педагога в области технических дисциплин при работе с графическими объектами. В рамках данного исследования был выявлен уровень сформированности пространственного мышления у студентов первого и четвертого курса, обучающихся по направлению подготовки 44.03.04 – Профессиональное обучение (по отраслям), профиль «Электроника, радиотехника и связь». В качестве методов исследования были использованы субтесты «Пространственное воображение» и «Пространственное обобщение». Полученные в ходе исследования результаты позволяют обосновать утверждение о необходимости включения в учебный план данного направления подготовки дисциплин, содержание которых связано с мыслительным оперированием в пространстве трехмерными образами, например, с 3D-графикой, твердотельным моделированием и проектированием.

Ключевые слова: педагог профессионального обучения, преподаватель технических дисциплин, пространственное мышление, пространственное воображение, пространственное обобщение

SPATIAL THINKING OF PROFESSIONAL TRAINING TEACHERS IN TECHNICAL DISCIPLINES: PROBLEM DEFINITION

Echmaeva G.A.

University of Tyumen, Tyumen, e-mail: echmaeva@mail.ru

The active development of the secondary vocational education system associated with high-tech equipment and knowledge-intensive technology implementation, has a significant influence on professional and pedagogical personnel training. Nowadays technical disciplines teacher must possess not only pedagogical skill but also production engineer skills, such as drawing interpretation, design skills, modeling skills, the operation of devices and mechanisms analysis, etc. It is impossible to master these competencies without well-developed spatial thinking. This article deals with the «spatial thinking» term structure from the technical disciplines teachers' professional activity content point of view on graphic objects operation. Within research, was identified the level of spatial thinking formation among the first and fourth academic year students, studied 44.03.04 – Vocational training (by industry), profile «Electronics, radio engineering and communications». Following subtests: «Spatial Imagination» and «Spatial Generalization» were used as a study method. Results, obtained during this research proving the assumption that following disciplines, related with mental three-dimensional images manipulation needs to be included in the curriculum, for example 3D-graphics, solid-state modeling and technical design.

Keywords: vocational training teacher, technical disciplines teacher, spatial thinking, spatial imagination, spatial representation, spatial perception, spatial generalization

Уровень развития любого общества зависит от уровня развития техники и используемых технологий. Современное производство требует высококвалифицированных рабочих кадров, разбирающихся в высокотехнологичном оборудовании и наукоемких технологиях. Российская система среднего профессионального образования (СПО) в последнее время уделяет значительное внимание качеству подготовки таких специалистов: актуализируются профессиональные стандарты, создаются центры квалификации, развиваются механизмы участия работодателей в подготовке и оценке кадров, образовательные учреждения оснащаются

новым оборудованием, обучающиеся все активнее принимают участие в конкурсах профмастерства по международным стандартам WorldSkills и т.д. Эти изменения оказывают значительное влияние и на подготовку преподавательских кадров для системы СПО. Сегодня педагог технических дисциплин должен не только владеть навыками педагогического мастерства и современными образовательными технологиями, но и хорошо разбираться в инженерных вопросах, читать чертежи, конструировать, моделировать, анализировать работу устройств и механизмов т.е. профессионально владеть качествами инженера-производственника.

Исследования как отечественных, так и зарубежных ученых показывают, что неотъемлемым качеством любого современного инженера является высокий уровень развития инженерного мышления. Именно этот тип мыслительной деятельности является основой преобразования окружающей действительности под потребности человека. Специалисты всех уровней, обладающие этим качеством, как никогда нужны сегодня предприятиям, конструкторским бюро и исследовательским институтам, именно они способны на воплощение инновационных идей.

Инженерное мышление как феномен изучается многими гуманитарными и техническими научными направлениями, такими как философия, психология, социология, педагогика, математики, инженерная и компьютерная графика и др. Современные исследования в области психолого-педагогических наук указывают, что инженерное мышление включает в себя такие виды мышления, как техническое, научно-исследовательское, конструктивное, творческое, экономическое и др., а также опирается на хорошо развитое воображение [1]. Исследователи указывают, что неотъемлемой составляющей инженерного мышления является пространственное мышление. Следует отметить, что умение ориентироваться в пространстве играет исключительную роль в жизнедеятельности человека, оно является формой отражения окружающего мира, условием успешного познания и активного преобразования действительности. Нарушение этого вида мышления, как доказывают психологи, приводит к глобальной дезориентации человека [2]. Именно развитое пространственное мышление определяет способность человека к решению геометрических задач, умению читать чертежи и карты, возможность представлять объекты в трехмерном пространстве, определять метрические характеристики, а также выполнять определенные мыслительные операции с объектами, например, создавать динамические образы. Все эти качества являются показателями предметных компетенций профессиональной подготовки современных инженеров, а соответственно, должны формироваться и в процессе подготовки студентов – будущих педагогов профессионального обучения в области технических дисциплин.

Изучение психолого-педагогической литературы показывает, что определения понятия «пространственного мышления» достаточно разнообразны, варьируются в зависимости от возраста испытуемых, формируемых качеств, используемых ин-

струментов и т.д. Психологические основы пространственного мышления рассматриваются в работах таких авторов, как Т.В. Андришина, К. Браун, П.В. Зинченко, И.Я. Каплунович, В.А. Крутецкий, Б.Ф. Ломов, Р. Митчелл, С.Л. Рубинштейн, Г.В. Суходольский, И.С. Якиманская и т.д. В рамках данного исследования мы будем опираться на определение, данное в учебнике по возрастной психологии В.С. Мухиной: пространственное мышление – это особый вид умственной деятельности, обеспечивающий создание пространственных объектов и оперирование ими в процессе решения различных практических и теоретических задач [3]. Рассматривая структуру и содержательное наполнение понятия, все исследователи неразрывно связывают его с такими феноменами, как восприятие объектов окружающего мира, представление и воображение. Взаимосвязь этих понятий представлена на рис. 1.

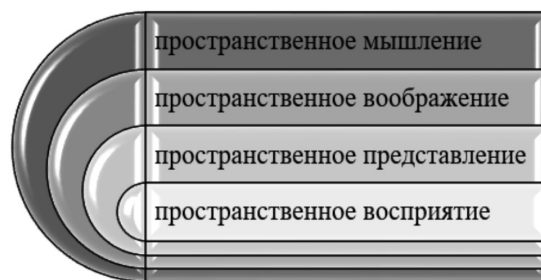


Рис. 1. Взаимосвязь понятий

В содержательном плане *пространственное восприятие* – это психический познавательный процесс целостного отражения предметов окружающего мира через их непосредственное воздействие на органы чувств человека [4]. Первостепенное значение в этом процессе играет зрение. Зрительное восприятие, как утверждают психологи, – это не просто пассивное отображение материала, а активная работа мозга. На основе восприятия в сознании человека формируется субъективный образ объекта – его форма, величина, цвет, компонентный состав, положение объекта в пространстве и относительно наблюдателя.

Следующий компонент – это *пространственное представление*. Ученые психологи, педагоги, методисты утверждают, что представление – это результат произвольного воссоздания человеком в своем сознании образа конкретного объекта или явления: его формы, положения, величины, направления движения и других пространственных метрик, а также взаимное расположение объектов реального мира.



Рис. 2. Типы оперирования объектами

Пространственным воображением Б.Ф. Ломов называет умение оперировать пространственными представлениями [4]. Пространственное воображение инженерным работникам необходимо для чтения чертежей, когда из плоских проекций требуется вообразить пространственное тело со всеми его особенностями внешней формы и внутренней организации, для соотнесения объектов, представленных на чертеже, с реальной действительностью.

Как указывают ученые, развитость пространственного мышления определяется способностью мысленно оперировать объектами. Ученые-психологи выделяют три типа оперирования (рис. 2).

– *Изменение пространственного положения объекта.* Операция предполагает способность человек мысленно перемещать объект в двумерном или трехмерном пространстве без каких-либо изменений его внешнего вида. Данная операция необходима инженеру при выполнении работ, связанных с перечерчиванием, выполнением технического рисунка или эскиза, планированием комплектации, размещением компонентов или оборудования, и т.д.

– *Изменение структуры объекта.* Данная операция предполагает способность человека мысленно каким-либо образом изменить объект при его неподвижности на плоскости или в пространстве. Например, мысленное выполнение таких операций, как сжатие и растяжение, скручивание, проецирование, добавление объектов, выполнение над ними таких логических операций, как объединение, вычитание, пересечение. Данная операция необходима инженеру при выполнении проектных работ, связанных с разработкой новых устройств или их усовершенствованием, создании дизайнерских изделий, корпусов и пр.

– *Одновременное изменение и положения, и структуры объекта.* Данная операция

предполагает способность человека одновременно мысленно представить изменения пространственного положения и внешнего облика объекта. Например, мысленное вращение неправильного многогранника, морфинг объектов, воссоздание трехмерного образа детали по ее чертежам, или способность представить, как будет работать проектируемый механизм, и др. Данный тип мысленного оперирования объектами является наиболее совершенным, носит системный интегративный характер. Следовательно, для его формирования и развития необходимо, чтобы были сформированы на хорошем уровне первые два типа.

Таким образом, пространственное мышление является довольно сложным психическим образованием личности, которое зарождается в младенческом возрасте, как необходимость ориентации в пространстве, и постепенно превращается в специфический вид профессиональной деятельности теоретического и прикладного характера.

Цель исследования: выявить уровень сформированности пространственного мышления у студентов – будущих преподавателей технических дисциплин в системе СПО.

Материалы и методы исследования

Для выявления уровня сформированности пространственного мышления у выпускников общеобразовательных школ нами в начале сентября было проведено тестирование студентов первого курса Тобольского педагогического института им. Д.И. Менделеева (филиал) Тюменского государственного университета, поступивших на направление подготовки 44.03.04 – Профессиональное обучение (по отраслям), профиль «Электроника, радиотехника и связь». В качестве методов исследования нами были выбраны субтесты «Пространственное воображение» и «Пространственное обобщение» (Р. Амтхауэра, в модификации Л.А. Ясюковой). Данные субтесты позволяют оценить уровень сформированности конструктивных (пространственных) способностей теоретического и практического плана.

Субтест «Пространственное воображение» содержит задания, при выполнении которых испытуемому нужно определить, какую из приведенных в образце фигур можно сложить из частей, указанных в тестовом задании. Исходными объектами данного субтеста являются плоские двумерные фигуры (рис. 3).

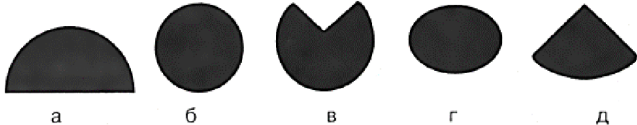
Выполнение этого задания предполагает сознательное удержание исходных объектов в памяти, включает анализ формы и величины частей фигур, мысленное выполнение таких операций, как поворот, вращение, зеркальное отображение, перегруппировка составных элементов, сближение, совмещение исходных частей в одной плоскости, а также сопоставление с образцами. Выполнение этих операций предполагает наличие способности к точному восприятию формы и величины плоских фигур, т.е. развитый линейный глазомер. Как указывают психологи, мыслительная деятельность испытуемого в этой ситуации определяется не хорошо развитым понятийным аппаратом, а развернутой системой умозаключений. Данный субтест диагностирует всего лишь отдельные

способности в структуре пространственного мышления, но высокий показатель по нему позволяет прогнозировать в определенной мере успешность в области технической деятельности [5].

Процедура решения заданий данного субтеста специфична еще и тем, что испытуемый находится в рамках четко поставленных условий. Задачи такого рода очень широко представлены в инженерно-технической деятельности, когда разработка или усовершенствование детали, механизма, устройства должны подчиняться требованиям соответствующих ГОСТов, СНИПов, технических условий или регламентов. Следовательно, профессиональная деятельность преподавателя технических дисциплин определяет необходимость формирования данной компетенции на достаточно высоком уровне. Ведь научить можно только тому, чем хорошо владеешь сам.

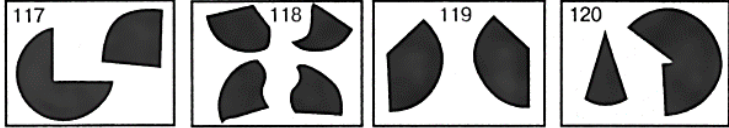
Субтест «Пространственное обобщение» содержит задания на определение того, какой из приведенных в образце рисунков объемных кубиков предьявлен в тестовом задании в перевернутом или повернутом положении (рис. 4).

1.



а б в г д

2.

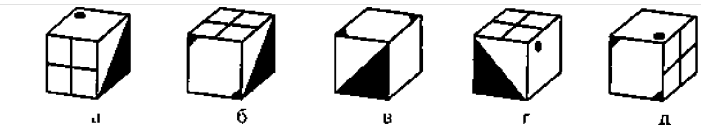


3.

117	а	б	в	г	д
118	а	б	в	г	д
119	а	б	в	г	д
120	а	б	в	г	д

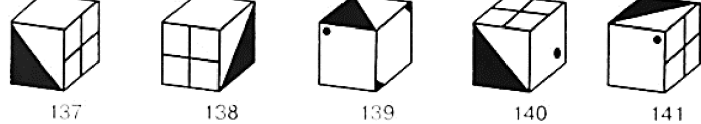
Рис. 3. Пример заданий субтеста «Пространственное воображение» (1 – образцы плоских фигур; 2 – примеры тестовых заданий, 3 – таблица для ответов)

1.



а б в г д

2.



137 138 139 140 141

3.

137	а	б	в	г	д
138	а	б	в	г	д
139	а	б	в	г	д
140	а	б	в	г	д
141	а	б	в	г	д

Рис. 4. Пример заданий субтеста «Пространственное обобщение» (1 – образцы объемных фигур; 2 – примеры тестовых заданий, 3 – таблица для ответов)

В тестовом задании из шести граней кубика испытываемому каждый раз предъявляются три. От испытываемого требуется однократное или многократное выполнение операции мысленного поворота кубика и сопоставление его с образцами. При этом изображение на одних гранях может скрываться, а на других – появляться.

Предлагаемый субтест психологи рекомендуют использовать для определения способностей к оперированию пространственными представлениями, поскольку процесс его решения имеет соответствующую специфику. В отличие от предыдущего субтеста, здесь от испытываемого требуется мысленно изменять пространственное положение предъявленного объекта, не затрагивая его структурных особенностей. При этом тестируемому необходимо отслеживать изменения объекта уже не в одной, а в трех плоскостях одновременно. Таким образом, по мнению ученых-психологов, выполнение данного субтеста предъявляет более высокие требования к уровню развития мыслительных способностей испытываемого. Вместе с тем они отмечают, что высокий показатель выполнения субтеста позволяет лишь сделать определенный вывод об умении испытываемого работать с объемными предметами в пространстве, а это, хоть и косвенно, позволяет говорить об определенном уровне развития пространственного мышления [5].

Результаты исследования и их обсуждение

На основе данных субтестов нами было протестировано 55 студентов, поступивших на указанное выше направление подготовки. На выполнение заданий по двум субтестам студентам давалось 45 минут. Первый субтест содержал 24 задания, второй – 20. Полученные результаты представлены в табл. 1.

Оценка уровня сформированности пространственного мышления студентов 1 курса – выпускников общеобразовательных

школ позволяет сделать вывод о том, что способности к оперированию как двумерными, так и трехмерными объектами преимущественно представлены на среднем и слабом уровне, несмотря на то, что для поступления в вуз выпускники сдают ЕГЭ по математике на профильном уровне. Следует отметить, что у многих студентов хороший и высокий уровень показателей по первому субтесту сочетается с низким показателем по второму. Объяснение этому можно найти в работах И.С. Якиманской, где автор отмечает следующее: несмотря на то, что в онтогенезе оперирование трехмерными объектами появляется у человека раньше, в процессе школьного обучения происходит постепенное привыкание к работе только с двумерными изображениями [6].

Аналогичное исследование было проведено весной со студентами выпускного курса. Выборка составила 40 человек. Результаты представлены в табл. 2.

Сравнительный анализ полученных результатов позволяет говорить о том, что у выпускников наблюдается повышение уровня сформированности пространственного воображения, в то время как значительных улучшений в вопросе формирования пространственного обобщения за период обучения по текущей образовательной программе не происходит, а значит, выпускники вуза – молодые преподаватели технических дисциплин, придя на работу в систему СПО, по-прежнему будут испытывать проблемы в рамках преподаваемых дисциплин, если требуется мысленное оперирование трехмерными образами.

Таблица 1

Уровни сформированности пространственного воображения и пространственного обобщения у студентов 1 курса направления подготовки «Профессиональное обучение», профиль «Электроника, радиотехника и связь»

Уровень сформированности	Пространственное воображение		Пространственное обобщение	
Слабый	12 чел.	21,8%	20 чел.	36,4%
Средний	28 чел.	50,9%	23 чел.	41,8%
Хороший	10 чел.	18,2%	12 чел.	21,8%
Высокий	5 чел.	9,1%	–	–

Таблица 2

Уровни сформированности пространственного воображения и пространственного обобщения у студентов 4 курса направления подготовки «Профессиональное обучение», профиль «Электроника, радиотехника и связь»

Уровень сформированности	Пространственное воображение		Пространственное обобщение	
Слабый	6 чел.	15,0%	9 чел.	22,5%
Средний	20 чел.	50,0%	23 чел.	57,5%
Хороший	9 чел.	22,5%	7 чел.	17,5%
Высокий	5 чел.	12,5%	1 чел.	2,5%

Выводы

Таким образом, полученные результаты убедительно указывают на необходимость включения в учебный план подготовки педагогов профессионального обучения по рассматриваемому профилю дисциплин, содержание которых связано с необходимостью регулярного мысленного оперирования трехмерными объектами, например, таких как начертательная геометрия, 3D-графика, твердотельное моделирование.

Список литературы

1. Ечмаева Г.А., Малышева Е.Н. Теоретический аспект формирования инженерного мышления школьников // Тео-

рия, практика и перспективы развития современной школы: коллективная монография / отв. ред. А.Ю. Нагорнова. Ульяновск: Зебра, 2017. С. 173–182.

2. Василенко А.В. Развитие пространственного мышления учащихся в процессе обучения геометрии: психологический аспект // Преподаватель XXI век. 2010. № 2. С. 170–174.

3. Мухина В.С. Возрастная психология: феноменология развития: учеб. для вузов. 14-е изд. М.: Academia, 2012. 675 с.

4. Ломов Б.Ф. Вопросы общей педагогической и инженерной психологии [Электронный ресурс]. URL: <https://24lib.ru/book/voprosy-obshchei-pedagogicheskoi-i-inzhenernoi-psikhologii> (дата обращения: 15.05.2018).

5. Васильева И.В. Практикум по психодиагностике: учебное пособие. Тюмень: Издательство Тюменского государственного университета, 2014. 376 с.

6. Якиманская И.С. Психологические основы математического образования. М.: Academia, 2004. 320 с.

УДК 378.1:371.3

ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ КОНСТРУКТЫ В ФОРМИРОВАНИИ КУЛЬТУРЫ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ЛИЧНОСТИ

¹Козырева О.А., ²Козырев Н.А., ³Коновалов С.В.

¹Новокузнецкий институт, филиал ФГБОУ ВО «Кемеровский государственный университет»,
Новокузнецк, e-mail: kozireva-oa@yandex.ru;

²Сибирский государственный индустриальный университет, Новокузнецк,
e-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru;

³Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева», Самара, e-mail: ksv@ssau.ru

В работе определены особенности использования педагогического моделирования и педагогических конструктов в решении задач педагогической деятельности, отражены уточнённые определения и модели формирования культуры самостоятельной работы личности как одного из видов культуры деятельности личности. Качество формирования культуры самостоятельной работы личности определено в структуре типологии, позволяющей исследовать уровень и возможности продуктивного становления личности, включенной в иерархию приоритетов становления и самовыражения через продукты научного исследования в педагогике и методические разработки в области организуемой деятельности. Специфика ситуативного и персонализированного включения личности в систему непрерывного образования рассмотрена через призму проектируемых и моделируемых возможностей педагогических технологий, непосредственно связанных с качественным решением задач формирования культуры самостоятельной работы личности. В работе представлена возможность использования технологии системно-педагогического моделирования для повышения уровня продуктивности и персонализации решения задач развития. Качество педагогического моделирования и выделенных на основе использования педагогического моделирования педагогических конструктов определяется на различных уровнях определения и решения задач оптимизации качества педагогической деятельности. Показано, что генерация средств и ресурсов программно-педагогического обеспечения изучения курсов и дисциплин обеспечивает мобильность и комфортность в получении образования на той или иной ступени и форме, уровне качества и возможностях оптимизации.

Ключевые слова: культура самостоятельной работы личности, технология формирования культуры самостоятельной работы личности, педагогическое моделирование, педагогическое проектирование, педагогическая технология, модель, педагогические условия

PEDAGOGICAL MODELING AND PEDAGOGICAL DESIGNS IN FORMING THE CULTURE OF SELF-WORKING PERSONALITY

¹Kozyreva O.A., ²Kozyrev N.A., ³Kononov S.V.

¹Novokuznetsk Branch Institute of VO «Kemerovo State University»,
Novokuznetsk, e-mail: kozireva-oa@yandex.ru;

²Siberian State Industrial University, Novokuznetsk, e-mail: kozyrev_na@mtsp.sibsiu.ru;

³Samara National Research University, Samara, e-mail: ksv@ssau.ru

In the paper, the specifics of the use of pedagogical modeling and pedagogical constructs in solving the problems of pedagogical activity are determined, the more accurate definitions and models of the formation of a culture of self-dependent work of the individual as one of the types of culture of personality activity are reflected. The quality of the formation of the culture of self-dependent work of the individual is defined in the structure of the typology, which allows to study the level and possibilities of the productive formation of the personality included in the hierarchy of priorities of formation and self-expression through the products of scientific research in pedagogy and methodological developments in the field of organized activity. The specificity of the situational and personalized inclusion of the personality in the system of continuous education is examined through the prism of the projected and modeled capabilities of pedagogical technologies directly related to the qualitative solution of the tasks of forming a culture of self-dependent work of the individual. The work presents the possibility of using the system-pedagogical modeling technology to increase the level of productivity and personification of the solution of development problems. The quality of pedagogical modeling and pedagogical constructs identified on the basis of pedagogical modeling is determined at different levels of definition and solving problems of optimizing the quality of pedagogical activity. It is shown that the generation of funds and resources of program and pedagogical support for the courses and disciplines studied provides mobility and comfort in obtaining education at a certain stage and form, level of quality and optimization opportunities.

Keywords: culture of self-dependent work of the individual, the technology of formation of the culture of self-dependent work of the individual, pedagogical modeling, pedagogical design, pedagogical technology, model, pedagogical conditions

Современная система непрерывного образования определяет условия и особенности использования педагогического моделирования и педагогических конструктов в формировании культуры самостоятельной работы личности одним из актуальных направлений реализации идей гуманизма и здоровьесбережения, определяющих воз-

возможность и тактику конструктивных преобразований достигнутого уровня развития и становления личности в обществе, определяющихся через наиболее точные и продуктивные решения задач деятельности как системы и матрицы самоорганизации и акмеверификации научного познания и представления данных в научной области исследования и деятельности. Таким образом, возможность построения продуктивных отношений и персонифицированных способов самореализации и самоутверждения личности лежит в базовой составной в ресурсах педагогической деятельности и педагогического моделирования как конструктов развития личности и средствах самоорганизации антропосреды.

Цель исследования: теоретико-эмпирическое объяснение важности использования педагогического моделирования и педагогических конструктов в формировании культуры самостоятельной работы личности.

В системе непрерывного образования под личностью можно понимать личность обучающегося и личность педагога, включенных в совместную деятельность, направленную на повышение качества развития внутриличностного и внешне детерминированного образа антропологически обусловленного научного знания, определяемых в качестве способа акмеверификации научного познания в микро-, мезо-, макродетерминированных ресурсах самоидентификации, взаимодействия (самореализации и сотрудничества) и самовыражения (самоактуализации).

В такой практике педагогическая деятельность как категория современной педагогики и продукт развития ноосферы неустанно пополняется новыми объектами и предметами педагогического поиска и научного исследования в педагогике [1, 2].

Система непрерывного образования [3–5] и, как следствие, система трудовых отношений и профессионально-трудовой деятельности в структуре подготовки кадров нуждается в специалистах различного направления и уровня освоения программ профессионального образования, определяя в ступенях среднего профессионального, высшего образования и системы дополнительного профессионального образования возможность повышения качества решения образовательных и профессионально-трудовых отношений, мы будем рассматривать культуру самостоятельной работы личности в различных педагогических конструктах и моделях, гарантирующих качественное исследование возможности развития личности и самореализации через продукты

персонифицированной и коллективной деятельности.

В таком понимании работы [6, 7] определяют возможность уточнения и верификации качества получения образования в моделях непрерывности и персонификации, уточняемой в конструктах традиционного и инновационного педагогического знания и научного поиска [8, 9]; работы [10, 11] позволят уточнить возможности педагогического моделирования в решении задач повышения качества профессионализма и продуктивности, гибкости и самостоятельности; работы [12, 13] сфокусируют усилия поиска на моделях формирования самостоятельного решения задач образовательного и профессионально-трудового компонентов детерминации научно обоснованных и социально решаемых задач; работы [10, 13] определяют успешность постановки и решения задач формирования и сформированности культуры самостоятельной работы личности в системе непрерывного образования; работы [10, 12, 13] выделяет специфику адаптивно-акмепедагогического решения задач развития личности через социально и профессионально значимые способы самоутверждения и самореализации в системно-моделируемом проекте или модели педагогической технологии, фасилитирующей персонифицированное включение личности в систему непрерывного образования.

Педагогическое моделирование – метод научного исследования и средство детерминации и уточнения, создания, оптимизации и модификации педагогически реализуемых и исследуемых моделей, используемых в ресурсах современного образования и науки, спорта и культуры.

Педагогические конструкты (широкий смысл) – педагогически идентифицированные и верифицированные ресурсы и совокупности идеальных и материальных моделей и детерминант, алгоритмов и формальных структур, гарантирующих качественное решение выделенных противоречий и проблем, поставленных перед образовательным пространством задач в рамках реализации той или иной методологической или методической работы, определяющих на макроуровне возможность детерминированного решения и его эффективность для определенного класса педагогических задач, фасилитирующих персонифицированное развитие личности обучающегося как ценности и продукта образования и культуры.

Педагогические конструкты (узкий смысл) – педагогическая система идеального и материального алгоритмического

воспроизводства и решения мезоуровневых проблем и противоречий, гарантирующая обществу и личности своевременность и гибкость, четкость и персонифицированность, гуманность и толерантность в выборе условий и возможностей решения задач развития личности и коллектива.

Педагогические конструкты (локальный смысл) – педагогические средства, обеспечивающие в ситуативном выборе педагога четкость и персонифицированную, креативную алгоритмичность решений педагогических задач, определяющих нормальное распределение способностей и здоровья личности обучающегося базовой единицей и функцией всех построений и решений, гарантирующих успешное включение обучающегося непрерывного образования в социальные, образовательные и профессионально-трудовые отношения.

Педагогические конструкты (унифицированный смысл) – продукт ресурсных и методологических новообразований в педагогической деятельности, гарантирующий высокое качество определения и решения проблем и противоречий развития обучающегося и педагога, включенных в систему непрерывного образования на различных уровнях описания и визуализации, детализирующих нюансы построения модели развития, социализации и самореализации личности в контексте учета всех составных условий повышения качества формирования ценностей, компетенций, трудовых функций и продуктов их сформированности (конкурентоспособности, здоровьесбережения, продуктивности, креативности, гуманизма, востребованности, гибкости и пр.).

Педагогические конструкты (персонифицированный смысл) – уникальные объекты деятельности личности, определяемые в системном выборе оптимальных возможностей повышения качества решения задач современной педагогической деятельности.

Педагогические конструкты в нашей практике являются продуктами качественного использования технологии системно-педагогического моделирования, в структуре детализации основ педагогического моделирования и уровня сформированности культуры самостоятельной работы личности они являются уникальными образцами предлагаемых решений педагогом, включенным в систему микро-, мезо-, макрогрупповых отношений.

Технология системно-педагогического моделирования – педагогическая технология, оптимизирующая условия и возможности формирования и сформированности

культуры самостоятельной работы личности в структуре персонификации и унификации, оптимизации и модификации возможностей непрерывного образования, гарантирующей личности и обществу своевременность решений выявляемых противоречий и проблем развития личности и системы образования, где конструктивными формами верификации целостности развития является продуктивность и конкурентоспособность решений и продуктов деятельности обучающегося.

Культура самостоятельной работы личности (широкий смысл) – педагогический конструкт, определяющий возможность развития и саморазвития личности в ресурсах самоорганизации, самоутверждения, сотрудничества, управления коллективом, продуцирования и оптимизации условий и возможностей решения проблем и задач социального, образовательного и профессионального генеза.

Культура самостоятельной работы личности (узкий смысл) – объект и продукт деятельности личности, определяемый и определяющий в иерархии способов и форм самореализации и сотрудничества, социализации и общения возможность и своевременность развития и оптимизации выявленного научного знания, гарантирующий личности персонифицированное решение определяемых проблем и задач.

Культура самостоятельной работы личности (локальный смысл) – унифицированная модель продуктивного развития личности, определяющая систему образования базой для повышения уровня и возможностей развития и социализации личности.

Культура самостоятельной работы личности (унифицированный смысл) – ресурс развития и саморазвития личности в модели деятельности и общения, гарантирующий личности и обществу своевременность и гибкость, персонифицированность и объективность достижений, востребованность которых иллюстрирует качество и уровень рассматриваемого явления.

Программно-педагогическое обеспечение образовательных единиц (модулей, курсов, дисциплин) – совокупность дидактических средств, объединённых по общему смыслу, целеполаганию и качеству решения задач в модели учета нормального распределения способностей и здоровья обучающихся.

Учебное пособие – дидактическое средство, гарантирующее репродуктивно-продуктивное усвоение дидактического материала, выделенного в структуре изучения определенной образовательной единицы (модуля, курса, дисциплины).

Адаптивное учебное пособие – дидактическое средство, гарантирующее адаптивно-персонализированное усвоение дидактического материала, выделенного в структуре изучения определенной образовательной единицы (модуля, курса, дисциплины), где особенности развития личности обучающегося определяют средства фасилитации дидактического материала, гарантируют надлежащий уровень качества усвоения и гибкость в решении определяемых противоречий и проблем обучения и образования личности обучающегося, имеющего особенности в развитии и/или сложности в получении образования.

Определяя в качестве методологической основы персонализированный, адаптивно-акмепедагогический, синергетический подходы, можно уточнять качество и модели формирования культуры самостоятельной работы личности в соответствии с выделенными возможностями научного поиска в педагогике.

Персонализированный подход – методологический подход, раскрывающий и уточняющий событие или явление с позиции учета всех нюансов развития личности обучающегося, включенного в систему непрерывного образования, детализация качества которого представляет собой оптимизируемую модель единства гуманизации и конкурентоспособности.

Адаптивно-акмепедагогический подход – методологический подход, рассматривающий событие или явление, процесс или процедуру с позиции единства адаптивного и акмепедагогического знания в современной педагогике как науке и искусстве.

Синергетический подход – методологический подход, раскрывающий возможность самоорганизации качества решения задачи, определяемой через детерминацию и визуализацию любого педагогически обусловленного процесса в научной теории, концепции, идее и пр.

Модели формирования культуры самостоятельной работы личности – иерархически определяемые структуры, гарантирующие качественный переход от одного уровня формирования / сформированности культуры самостоятельной работы личности к другому, на котором качественнее, креативнее, оптимальнее, быстрее, уникальнее определяются и решаются противоречия продуктивного самоопределения, самовыражения, самореализации, самоутверждения личности в модели и продуктах деятельности и общения.

Выделим 4 уровня / типа сформированности культуры самостоятельной работы личности (технология системно-педагогического моделирования):

– объектный (владение способами фиксации информации);

– индивидуальный (владение способами фиксации информации, владение методом моделирования);

– субъектный (владение способами фиксации информации, владение методом моделирования, использование авторских моделей в персонализированном решении задач);

– личностно-персонализированный (владение способами фиксации информации, владение методом моделирования, использование авторских моделей в персонализированном решении задач, распространение в широкомасштабных решениях авторских моделей, гарантирующих качественное, персонализированное и коллективное решение задач и проблем).

Для учета условий и возможностей адаптивно-акмепедагогического выбора данную типологию можно уточнить двумя типами – адаптивным типом формирования культуры самостоятельной работы личности (все ресурсы деятельности определяют качество адаптивного вида деятельности в работе с обучающимися) и игровым типом формирования культуры самостоятельной работы личности (игра является средовым и методом нивелирования отклонений от нормы и устойчивого развития личности и общества).

На примере программ повышения квалификации можно определить и проследить у обучающихся возможность формирования культуры самостоятельной работы личности по любой выведенной типологии формирования и сформированности культуры самостоятельной работы личности, например,

– объектный уровень (уровень написания реферата, авторское воспроизводство дидактического материала);

– индивидуальный уровень (уровень уточнения модели, определения, разработки урока и пр.);

– субъектный уровень (уровень написания научной публикации – статья в сборнике конференции);

– личностно-персонализированный уровень (уровень написания научной публикации – статья в журнале, уровень h (Индекса Хирша) > 1).

Возможность гибкой реконструкции и детерминации подуровней сформированности культуры самостоятельной работы личности может быть определена в модели широкого, узкого и локального смыслов.

Детерминируемый смысл понятия «культура самостоятельной работы личности» определяет глубину и качество продуктов деятельности личности, специфика

востребованности которых также лежит в плоскости определения масштаба и/или уровня использования педагогических конструктов и педагогических средств в учебной и профессионально-трудовой деятельности обучающегося и педагога.

Для оптимального решения макроуровневой задачи формирования культуры самостоятельной работы личности необходимо программно-педагогическое сопровождение, в котором для учета всей генеральной совокупности проблем и потребностей, возможностей и продуктивности обучающихся необходимо разработать учебные и адаптивные учебные пособия, определить персонифицированные и коллективные традиционные и инновационные ресурсы развития личности, включенной в систему непрерывного образования.

Заключение

Детерминированные особенности и теоретико-эмпирическое объяснение важности использования педагогического моделирования и педагогических конструктов в формировании культуры самостоятельной работы личности будет способствовать повышению качества решения задач развития в системе непрерывного образования.

Список литературы

1. Вербицкий А.А., Трунова Е.Г. Проблемы адекватности понятийного аппарата современного образования // Педагогика. 2017. № 8. С. 3–15.
2. Свиаренко В.Г., Козырева О.А. Научное исследование по педагогике в структуре вузовского и дополнительного образования: учеб. пособ. М.: НИЯУ МИФИ, 2014. 92 с.

3. Вашенко А.Н., Козубцов И.Н. О важной исключительной роли научных школ в становлении научных и научно-педагогических кадров высшей квалификации // Бизнес. Образование. Право. 2014. № 1. С. 35–40.

4. Донцов А.И., Донцов Д.А., Донцова М.В. Профессиональная направленность личности как компонент социального становления человека // Школьные технологии. 2011. № 6. С. 163–171.

5. Обухов В. В. Новые подходы к обеспечению эффективности профессиональной подготовки педагогов в педагогическом университете // Вестник ТГПУ. 2017. № 12 (189). С. 10–12.

6. Селиверстова Е.Н. Субъектность как принцип систематизации современного дидактического знания // Педагогика. 2013. № 10. С. 25–33.

7. Скрипкина Т.П. Поликультурное образование – альтернатива культуре насилия, агрессии и нетерпимости // Вестник Университета Российской академии образования. 2014. № 3. С. 8–15.

8. Леонов Н.И. Принципы и подходы в управлении научной и инновационной деятельностью (опыт исследовательского университета) // Высшее образование в России. 2011. № 11. С. 19–28.

9. Люрья Н.А. Формирование профессиональных качеств педагога в системе образования вуза // Вестник ТГПУ. 2011. № 13. С. 151–155.

10. Коновалов С.В., Козырева О.А. Педагогическое моделирование в конструктах современного образования // Вестник ТГПУ. 2017. № 1. С. 58–63.

11. Бойкова И. В. Технология формирования культуры самостоятельной работы студентов техникума в условиях современного образования // Науч.-метод. электр. журнал «Концепт». 2018. № 8 (август). URL: <http://e-koncept.ru/2018/181051.htm> (дата обращения: 08.08.2018).

12. Козырева О. А. Разработка и апробация концепции формирования культуры самостоятельной работы личности в системе непрерывного образования // Бизнес. Образование. Право. 2018. № 3 (44). С. 421–429. DOI: 10.25683/VOLBI.2018.44.311.

13. Козырева О.А., Козырев Н.А., Свиаренко В.Г. Воспитание в профессиональной подготовке педагогов: монография. М.: МИФИ, 2017. 400 с.

УДК 37.036:[78+159.928.238]

К ВОПРОСУ О ДИАГНОСТИКЕ УРОВНЯ РАЗВИТИЯ МУЗЫКАЛЬНОГО МЫШЛЕНИЯ МЛАДШИХ ДОШКОЛЬНИКОВ В ГРУППЕ РАННЕГО ЭСТЕТИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

Лазарева Н.Ф.

*РГПУ им. А.И. Герцена, институт музыки, театра и хореографии, Санкт-Петербург,
e-mail: lija21@yandex.ru*

В статье показана актуальность проблемы диагностики музыкального мышления детей младшего дошкольного возраста в группе раннего эстетического развития и изложены факторы, влияющие на формирование и развитие данного феномена. Объясняется правомерность дифференциации целостного процесса музыкального мышления при его диагностировании у младших дошкольников. Проанализированы особенности развития музыкального мышления детей младшего дошкольного возраста. На основе исследований ученых-психологов и педагогов выявлены виды музыкальной деятельности, наиболее оптимальные и информативные для диагностирования исследуемого феномена. Опираясь на психофизиологические особенности младших дошкольников, обосновывается необходимость включения понятия «музыкальное поведение» как коммуникационного аспекта в качестве категории при диагностировании музыкального мышления. Установлены основные критерии развития исследуемого феномена и в соответствии с ними определены уровни развития музыкального мышления учащихся в группе раннего музыкально-эстетического развития. Доказана неразрывная связь развития пространственно-временной ориентации детей с развитием музыкального мышления и необходимость учитывать особенности развития данного компонента при диагностировании исследуемого феномена. Сформулированы основные принципы диагностики пространственно-временной ориентации, изложены критерии и уровни развития данной категории. В заключение статьи обосновывается необходимость проведения междисциплинарных исследований для дальнейшего изучения музыкального мышления.

Ключевые слова: музыкальное мышление, целостная категория, телесность, музыкальное поведение, мышление – музыкальные действия, пространственно-временные представления

DIAGNOSTICS OF LEVEL OF DEVELOPMENT OF MUSIC THINKING OF YOUNG PRESCHOOL CHILDREN IN THE GROUP OF EARLY AESTHETIC DEVELOPMENT

Lazareva N.F.

 *Herzen State Pedagogical University of Russia, The Institute of Music, Theatre and Choreography,
 St. Petersburg, e-mail: lija21@yandex.ru*

The article shows the urgency of the problem of diagnosing the musical thinking of young preschool children in the group of early aesthetic development and outlines the factors that influence the formation and development of this phenomenon. The legitimacy of the differentiation of the holistic process of musical thinking in its diagnosis in younger preschoolers is explained. Features of development of musical thinking of children of younger preschool age are analyzed. On the basis of research by psychologists and teachers, the types of musical activity that are most optimal and informative for diagnosing the phenomenon being investigated are identified. Relying on the psychophysiological features of younger preschoolers, it is justified to include the concept of «musical behavior» as a communication aspect as a category in diagnosing musical thinking. The main criteria for the development of the phenomenon under investigation have been established and, in accordance with them, the levels of development of the musical thinking of students in the group of early musical and aesthetic development have been determined. The inseparable connection between the development of the spatial-temporal orientation of children with the development of musical thinking and the need to take into account the developmental features of this component in diagnosing the phenomenon under study is proved. The basic principles of diagnostics of space-time orientation are formulated, criteria and levels of development of this category are stated. In the conclusion of the article, the necessity of carrying out interdisciplinary research for further study of musical thinking is justified.

Keywords: musical thinking, integral category, corporeality, musical behavior, thinking-musical actions, space-time representations

Проблема диагностики музыкального мышления детей младшего дошкольного возраста в группе раннего эстетического развития является одной из *актуальных* в области музыкальной педагогики. Именно в этого возрастного период начинается формирование данного феномена, и педагогу необходимо знать, какие проявления музыкального мышления можно наблюдать на занятиях и какие факторы, влияют на успешность его развития.

Цель исследования: раскрыть особенности диагностики музыкального мышления детей младшего дошкольного возраста в группе раннего эстетического развития.

Задачи:

– исходя из психофизиологических особенностей младших дошкольников и требований к основной общеобразовательной программе дошкольного развития, сформулировать критерии и уровни развития музыкального мышления;

– обосновать необходимость учитывать особенности развития пространственно-временной ориентации детей в процессе диагностики музыкального мышления;

– осветить основные принципы проведения диагностики пространственно-временной ориентации и определить критерии и уровни развития данного феномена.

Материалы и методы исследования

Исследование проводилось на базе Санкт-Петербургской детской школы искусств № 8 имени В.А. Гаврилина (2012–2013). Возраст детей, принимавших участие в эксперименте – 3–4 года. В 2013–2016 программа реализовывалась на базе Калининградской детской школы искусств им. П.И. Чайковского. Возраст детей, принимавших участие в эксперименте, 4 года. В эксперименте приняли участие 60 младших дошкольников, прошедших полный курс обучения. Все они были охвачены непосредственным и опосредованным (косвенным наблюдателем выступал преподаватель, выполняющий роль концертмейстера) наблюдением, а занятия с 33 детьми, обучавшимися в 2013–2016 г. в ДШИ им. П.И. Чайковского, записывались на видеокамеру.

Результаты исследования и их обсуждение

Любая мыслительная деятельность (научная или художественно-образная), всегда истоками своими опирается на знание о предмете размышления. Вне знаний не может быть размышлений. П.П. Блонский в книге «Память и мышление» утверждает: «Пустая голова не рассуждает: чем больше опыта и знаний имеет эта голова, тем более способна она рассуждать» [1, с. 172].

Как и во всех областях, формирование и развитие музыкального мышления осуществляется за счет накопления информации об изучаемом предмете (количественная характеристика), основывается на стремлении к познанию нового, углублению полученных знаний (качественная характеристика). Этот процесс можно представить в виде человека, поднимающегося в гору. Покая одну вершину, он открывает для себя другие, к которым устремляется. И так до бесконечности, ведь новые знания вызывают вопросы и идеи, реализуя которые мы расширяем горизонт и поднимаемся на иной качественный уровень познания. Таким образом, знание большого объема музыкального материала – необходимая предпосылка музыкального мышления. «Знания о музыке не просто дают толчок тем или иным мыслительным операциям – они формируют эти операции, определяют их структуру и внутреннее содержание. Расширяющийся и углубляющийся в ходе обучения поток знаний, вливаясь в процессы музыкального мыш-

ления, поднимает последнее на качественно более высокий уровень» [2, с. 240].

Музыкальное мышление обусловлено процессами музыкального восприятия (в том числе и в процессе исполнения). Восприятие как психический процесс включает в себя мышление, проявляющееся в моменты осмысления звуковой информации, поэтому в процессе воспроизведения (исполнения) музыкальное мышление работает очень интенсивно. О связи мышления и музыки говорит и Г. Орлов в своем труде «Древо музыки»: «...музыкальные тона – это продукт невообразимо сложного мыслительного, хотя и бессознательного процесса анализа, отбора и синтеза по глубоко усвоенным «правилам», много более сложным, чем те, что усваиваются» [3, с. 222].

Музыкальное мышление – это целостный, неделимый процесс, однако для успешного диагностирования развития данного феномена у детей младшего дошкольного возраста необходимо выявить компоненты, которые составляют его внутреннюю структуру. Правомерность дифференциации определяется тем фактом, что все процессы, происходящие в музыкальном мышлении, имеют между собой глубинные и неразрывные связи, поэтому данное разделение не противоречит утверждению о целостности и неделимости процесса изучаемой категории.

Музыкальное мышление в младшем дошкольном возрасте только начинает формироваться и объективно оценить уровень его развития возможно исключительно по косвенным признакам.

Одним из критериев для диагностирования данного психического процесса, по нашему мнению, являются показатели уровня «Мышление – музыкальные действия», предложенный Н.В. Сулловой, к которому относятся «...все мыслительные акты, которые связаны с физическими движениями при активном музицировании. <...> Музыкальные движения становятся способом, инструментом вхождения в смысловые структуры музыки, причем способом, ярко выраженным вовне и поддающимся педагогическому контролю» [4, с. 47–48].

Мы считаем, что наиболее оптимальными и информативными для диагностирования уровня мышление-музыкальные действия будут пение, музыкально-пластическая и музыкально-ритмическая деятельность (хлопки, шлепки, топот), то есть те формы работы, при которых ребенок может наиболее полно задействовать возможности своего тела.

Исходя из психофизиологических особенностей младших дошкольников (преоб-

ладание наглядно действенного мышления и осуществление процесса познания телесно и посредством продуктивной деятельности) [5; 6], а также тесной связи сознательного и бессознательного в музыкальном мышлении (Л.А. Готсдинер), логичным видится включение в структуру музыкального мышления такого компонента, как «Телесность» (понятие, предложенное Н.В. Сусликовой). Это комплекс произвольных движений, возникающих у ребенка в процессе слушания музыки. Основным способом диагностирования данного уровня мы считаем наблюдение за неосознанными движениями во время слушания музыки и пения, как непосредственный и неосознаваемый эмоциональный отклик на звучание музыки.

Как известно, музыкальное мышление невозможно представить вне коммуникативного аспекта, который в младшем дошкольном возрасте проявляется посредством так называемого «музыкального поведения» (понятие, введенное Ю.-Р. Бьёркволлом) в процессе одиночной игры (групповая игра мало интересует детей в данный возрастной период). Именно этот термин, по нашему мнению, наиболее полно отражает коммуникативный аспект музыкального мышления по отношению к младшему дошкольнику. Музыкальное поведение, как аспект общения посредством музыки проявляется достаточно рано. Оно осуществляется не только между детьми, но и с самим собой (с помощью этого универсального языка ребенок может выразить чувства, объяснения которым он, в силу возраста, еще не может найти, выплеснуть эмоции через песню или своеобразный крик – *glissando*).

По мнению норвежского ученого, исследователя детского пения Ю. Бьёркволла, «Песня, как мелодичная игра, служит важным лигирующим компонентом в этом музическом пролете моста между внутренним и внешним миром человека» [7, с. 48]. Ученый исследует спонтанное пение детей и утверждает, что «...музыка, спонтанная песня и творческая игра насыщают детскую жизнь особыми структурами и формами, осуществляя процесс развития важных сторон детского сознания и личности» [7, с. 46].

Действительно, если мы посмотрим со стороны на индивидуальные и групповые игры детей, то без труда заметим, что все они пронизаны песнями, которые, может быть, не так совершенны и мелодичны, как мы привыкли, но тем не менее очень важны. Примером могут служить широко используемое в играх звукоподражание или песни-формулы (дразнилки, импровизационные попевки), которые понятны малышам и без слов. Видится, что песня

(в самом широком ее проявлении) способствует социализации и коммуникации ребенка в детской среде.

Ю. Бьёркволл считает, что существуют три формы спонтанной песни:

- текучая / аморфная песня – игра звуком или голосом (звукоподражание и имитация);
- песня – формула – «...короткие устойчивые обороты с четкими интервалами и ритмами» [7, с. 56]. Наивысшего развития песни-формулы достигают к шести годам, когда ребенок активно общается со сверстниками;

- готовая песня, часто используемая как песенный аккомпанемент в рамках игры. При этом ребенок может исполнять мелодию песни, но слова придумывать свои, подходящие к игровой ситуации.

При диагностировании музыкального поведения в ходе занятий в группе раннего эстетического развития уместно говорить об «аморфной спонтанной песне» и «песне-формуле».

Для диагностирования степени развития музыкального поведения предлагается использование пластической и вокальной импровизации в форме игры «Музыкальный крокодил», в процессе которой один ученик может показать какое-либо явление из жизни или выразить задуманный характер голосом, мимикой и движением, а остальные ребята должны его отгадать. По результату можно судить об успешности коммуникации посредством *текучей или аморфной спонтанной песни*. Уровень освоения *песни-формулы* в условиях занятия удобно проверять с помощью вокальной импровизации с использованием собственного имени. Ребенку дается задание спеть свое имя в определенном характере (например, весело, печально, решительно, обиженно и т.д.).

На основе изучения основополагающих теоретических понятий в области формирования пространственно-временной ориентации и музыкального мышления, а также опираясь на нормы певческой деятельности, сформулированные в основной общеобразовательной программе дошкольного развития [8; 9], мы создали критерии оценки музыкального мышления, представленные в табл. 1.

Как видно из таблицы, диагностика музыкального мышления охватывает практически все виды музыкальной деятельности (слушательскую, певческую, музыкально-пластическую, инструментальную, музыкально-творческую), доступные для понимания младшим дошкольникам и представленные на занятиях в группе раннего эстетического развития.

Таблица 1

Критерии оценки музыкального мышления

Телесность	Наличие неосознаваемых движений при прослушивании музыкального произведения или пения
	Появление движений, отражающих характер музыкального произведения в процессе «свободного дирижирования», как бессознательная двигательная «подстройка» под звучание музыкального материала
Мышление – музыкальные действия	Исполнение знакомой песни с сопровождением или с помощью голоса учителя
	Способность петь в ансамбле
	Способность во время пения передавать характер песни
	Способность детей двигаться в соответствии с характером музыки
	Исполнение ритмического рисунка изученной попевки под музыку
Музыкальное поведение	Способность адекватно и доступно передать свою идею
	Способность узнавать образы, передаваемые другими учащимися

В соответствии с критериями нами также были определены уровни развития музыкального мышления.

Высокий – ребенок внимательно слушает музыку и эмоционально откликается на ее звучание, в процессе слушания музыкального произведения и пения у него возникает богатый спектр неосознаваемых мимических и телесных проявлений. Младший дошкольник узнает знакомые музыкальные произведения и песни, достаточно чисто интонирует в диапазоне (d¹-g¹ (a¹)), способен петь в ансамбле, передавая характер песни, различает, в каком регистре звучала музыка, реагирует на его смену. Легко узнает изученные средства музыкальной выразительности в прослушанном произведении. Младший дошкольник может без усилий исполнить метроритмический рисунок изученной попевки под музыку на выбранном им музыкальном инструменте или с помощью движений тела. Он способен выразить в вокальной или пластической импровизации образ, который возник в процессе слушания музыкального материала, или передать его характер, а также легко узнает образы, передаваемые другими учащимися.

Средний – младший дошкольник не всегда внимательно слушает музыку, откликается на звучание только невербально, не всегда может перевести музыкальные образы в доступную для себя сферу; обладает неустойчивой интонацией, не всегда может петь в ансамбле, передавая характер песни; неточно дифференцирует звуковысотное направление движения мелодии. Он знает средства музыкальной выразительности, но не всегда может их дифференцировать в прозвучавшем музыкальном произведении. Младший дошкольник неярко передает характер музыки через движения тела, однако в основном правильно исполняет метро-

ритмический рисунок изученной попевки под музыку на выбранном им музыкальном инструменте. Ребенок редко может выразить в пластической импровизации образ, соответствующий характеру музыки или показать задуманный характер в вокальной импровизации, при этом узнать, что показали другие дети, может только с подсказкой педагога.

Низкий – ребенок невнимательно и неохотно слушает музыкальные произведения, эмоционально мало отзывчив, отвлекается сам и отвлекает других, обладает ограниченным диапазоном в специфическом регистре или не проявляет желания петь, не способен петь в ансамбле. У младшего дошкольника музыка вызывает незначительную двигательную активность, ребенок чаще всего воспроизводит метроритмический рисунок изученной попевки под музыку на выбранном им музыкальном инструменте с ошибками или не может воспроизвести ритм и метр. Ребенок не всегда может выразить в пластической импровизации образ, соответствующий характеру музыки или показать задуманный характер в вокальной импровизации даже при помощи педагога, редко узнает, что показали другие дети, даже с подсказкой педагога.

Необходимо отметить, что все виды музыкальной деятельности детей неразрывно связаны с движением. В то же время в процессе движения (в том числе связанного с музыкой) происходит освоение пространства и времени, и этот процесс становится фундаментом для развития у ребенка в дальнейшем метроритмического чувства. Г. Орлов также отмечает, что «Через звук время не только становится доступным наблюдению и созерцанию, но и получает энергию, привлекая к себе внимание, непосредственно воздействуя на чувства, заставляя само тело слушающего отзываться произволь-

ными движениями» [3, с. 54–55], то есть произвольные движения во время звучания музыки – это не что иное, как проявление пространственно-временной ориентации. Связь интонации и движения подчеркивал и Б.В. Асафьев, говоря, что движение всегда обнаруживается в интонации. На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что развитие пространственно-временной ориентации и музыкального мышления неразрывно связаны.

Исходя из вышеизложенного, для диагностирования музыкального мышления, помимо исследования *телесности, музыкальных способностей и музыкального поведения*, мы выбрали еще *исследование пространственно-временной ориентации*.

Опираясь на особенности развития пространственно-временной ориентации младших дошкольников, были сформулированы *основные принципы* проведения диагностирования *уровня пространственно-временной ориентации*:

- исследование необходимо проводить в игровой форме в процессе продуктивной, игровой (в нашем случае музыкальной) деятельности;

- задания должны быть направлены на выявление умения ориентироваться в пространстве относительно координат собственного тела;

- наряду с последовательным возможно включение одновременного движения рук и ног ребенка, так как в данном возрасте начинает развиваться их содружественное движение;

- при проведении диагностического эксперимента необходимо учитывать поэтапность освоения детьми психологических и физических пространственных координат (сначала вертикали, затем сагитталы и в последнюю очередь – горизонтали) [10];

- важно не требовать от младшего дошкольника словесного описания расположения предметов или его тела в пространстве или рассказать о событиях какого-либо определенного отрезка времени, так как на данном возрастном этапе речь не является ведущей в дифференцировании пространственных сигналов.

Проявления пространственно-временной ориентации на занятиях в группе раннего эстетического развития у младших дошкольников, а также критерии для их диагностирования отражены в табл. 2.

Нами были выбраны данные критерии и их проявления, так как, по мнению психологов, [5; 11; 12], первоначальные пространственные представления, усваиваемые младшим дошкольником, тесно связаны с его телом. Именно оно является для

малыша «точкой отсчета», относительно которой он может определять направление.

В соответствии с критериями нами также были определены уровни развития пространственно-временной ориентации.

Высокий – младший дошкольник уверенно и безошибочно может в процессе игры показать части своего лица и тела, а также лица и тела другого учащегося, различает право-лево не только относительно собственного тела, но и тела другого человека. Малыш свободно выполняет движения во всех пространственных плоскостях, даже при одновременном движении рук и ног; понимает предлоги и слова, отражающие пространственное значение.

Средний – малыш не всегда может безошибочно показать в процессе игры части своего лица и тела, а также части тела другого учащегося, может ошибаться при определении правой и левой стороны. В музыкально-пластической деятельности сталкивается с трудностями при исполнении горизонтальных движений, особенно при одновременном задействовании в задании рук и ног. Не всегда понимает предлоги и слова, отражающие пространственное значение.

Низкий – в процессе игры в большинстве случаев не может показать даже части своего лица и тела, нуждается в постоянных подсказках со стороны педагога или других учащихся, не различает свои правую и левую руку и ногу. В музыкально-пластической деятельности часто ошибается и выполняет с ошибками только вертикальные и сагиттальные движения, содружественные движения рук и ног очень слабо развиты. Малыш не понимает предлоги и слова, отражающие пространственное значение.

Заключение

Исходя из вышеизложенного, необходимо обратить внимание на следующие особенности диагностики музыкального мышления детей младшего дошкольного возраста в группе раннего эстетического развития:

- проявления музыкального мышления можно наблюдать только по косвенным признакам;

- исследование требуется проводить в игровой форме в процессе продуктивной, (музыкальной) деятельности;

- для объективной оценки развития музыкального мышления необходимо учитывать уровень развития пространственно-временной ориентации детей;

- использование разработанной автором схемы диагностики музыкального мышления дает достаточно полные и объективные результаты.

Таблица 2

Критерии для диагностирования пространственно-временной ориентации

Сформированность представлений о собственном теле	уверенность и безошибочность показа частей своего тела
	успешность проецирования представлений о собственном теле на другого ребенка
	степень освоения понятий право-лево
Умение ориентироваться в трехмерном пространстве относительно собственного тела, включающее в себя:	безошибочность исполнения движений в трех пространственных плоскостях
	уровень развития содружественного движения рук и ног
	понимание предлогов и слов, отражающих пространственное и временное значение

Данная схема – это попытка приблизиться к пониманию того, какие проявления музыкального мышления мы можем наблюдать у детей младшего дошкольного возраста. Несмотря на целый комплекс фундаментальных трудов ученых, таких как Б.В. Асафьев, М.Г. Арановский, В.В. Медушевский, и т.д., данная тема остается не до конца изученной. В какой-то мере процесс музыкального мышления – это *terra incognita* и для современных исследователей.

Несмотря на достаточно успешные попытки затронуть этот феномен в разное время, представление о том, как мозг осуществляет процесс мышления вообще и музыкального мышления в частности, не сформировано и по сей день. Окончательное решение данной проблемы невозможно без совместной работы ученых различных профилей (нейробиологов, психоневрологов, нейрохирургов, нейрофизиологов, психологов, педагогов и т.д.) и появления междисциплинарных научных работ.

Список литературы

1. Блонский П.П. Память и мышление. М.: URSS ЛЕ-НАНД, 2017. 204 с.

2. Кирнарская Д.К., Киященко Н.И., Тарасова К.В. и др. Психология музыкальной деятельности: Теория и практика / Ред. Г.М. Цыпина. М.: Академия, 2011. 384 с.

3. Орлов Г.А. Дерево музыки / Г.А. Орлов. СПб.: Композитор, 2005. 408 с.

4. Сулова Н.В. Музыкальное мышление младших школьников и методика его развития / Н.В. Сулова. М.: Владос, 1999. 200 с.

5. Донцов Д.А., Донцова М.В., Сенкевич Л.В. Психология развития детских возрастов: младенчество, раннее детство, дошкольное детство, младший школьный возраст, подростковый возраст: коллективная монография. М.: Liteo, 2015. 174 с.

6. Савченков Ю.И., Солдатов О.Г., Шилов С.Н. Возрастная физиология: (физиологические особенности детей и подростков): учебное пособие для студентов педагогических вузов. М.: ВЛАДОС, 2018. 143 с.

7. Бьёркволл Ю.-Р. С музыкой в душе. СПб.: Блиц, 2001. 376 с.

8. Гогоберидзе А.Г., Деркунская В.А. Теория и методика музыкального воспитания детей дошкольного возраста / 3-е изд. М.: Академия, 2017. 285 с.

9. Гогоберидзе А.Г., Солнцева О.В. Дошкольная педагогика с основами методик воспитания и обучения. СПб.: Питер, 2013. 464 с.

10. Бродецкий А.Я. Внеречевое общение в жизни и в искусстве / Ин-т рус. театра. Изд. 2-е испр. и доп. М.: Изд. центр Ин-та упр. И информатики, 2011. 257 с.

11. Крайг Г., Бокум Д. Психология развития / 9-е изд. СПб.: Питер, 2012. 939 с.

12. Мухина В.С. Возрастная психология: феноменология развития / 15-е изд., стер. М.: Академия, 2015. 655 с.

УДК 378

ХАРАКТЕРИСТИКИ СТАНОВЛЕНИЯ КУЛЬТУРЫ САМОВЫРАЖЕНИЯ СТУДЕНТОВ ПЕДАГОГИЧЕСКОГО ВУЗА

Омельченко Е.А.

ФГБОУ ВО «Новосибирский государственный педагогический университет»,
Новосибирск, e-mail: eliam@mail.ru

Статья посвящена рассмотрению одной из актуальных проблем современной профессиональной подготовки будущих педагогов – становлению их культуры самовыражения. Показано, что в студенческом возрасте у человека имеются благоприятные возможности для изменения характеристик самовыражения в соответствии со складывающимися представлениями о себе как о представителе определенной профессиональной группы. Сделан акцент на важности демонстрации педагогами такой своей культуры самовыражения, характеристики которой дети могли бы воспринимать как образцы для подражания и переносить в свое собственное самовыражение. Содействовать становлению таких характеристик культуры самовыражения возможно в процессе профессиональной подготовки, осуществляемой в педагогических вузах. Представлено содержание каждого компонента культуры самовыражения студентов, указаны возможности содействия их становлению со стороны преподавателей вузов, сделан вывод об особенностях, свойственных протеканию становления культуры самовыражения обучающихся. К самым важным из них отнесены: придание значимости в собственной жизни ценностям будущей профессиональной деятельности; расширение спектра компетенций, полученных в школе, такими, которые будут необходимы в педагогической деятельности; придание устойчивости стремлению заниматься педагогической деятельностью; выяснение своих качеств как будущего педагога путем самопознания; выполнение элементов педагогической деятельности с ориентацией как на требования профессии, так и собственные предпочтения; рефлексия относительно вариантов собственного поведения как представителя педагогической профессии.

Ключевые слова: культура самовыражения студентов, становление культуры самовыражения будущих педагогов, характеристики становления культуры самовыражения, профессиональная подготовка

THE CHARACTERISTICS OF SELF-EXPRESSION CULTURE FORMATION OF PEDAGOGICAL UNIVERSITY STUDENTS

Omelchenko E.A.

Novosibirsk State Pedagogical University, Novosibirsk, e-mail: eliam@mail.ru

The actual problem of future teachers' professional training, their self-expression culture formation, is presented in the article. It is demonstrated that the person has opportunities to change the self-expression's characteristics in accordance with the ideas about himself or herself as professional group representative at the student's age. The importance of teachers demonstrating of their self-expression culture is emphasized, because children could perceive this characteristics as role models and transfer them in own self-expression. It is possible to promote characteristics' formation of the self-expression culture in their professional training process, realized in pedagogical universities. The components' content of the students' self-expression culture is presented, the possibilities promoting their formation with the help of University teachers are indicated, the conclusion about the peculiarities of students self-expression culture formation is made. The most important of them are: making significance to own life values of the future professional activity; expanding competencies obtained in school, which will be necessary in the teaching activities; making stability in educational activities; finding out qualities as a future teacher through self-knowledge; implementation of pedagogical activity elements with orientation on the profession requirements and students' own preferences; reflection of behavior as the teaching profession representative.

Keywords: students' self-expression culture, future teachers' self-expression culture formation, self-expression culture formation characteristics, professional training

Современная подготовка студентов в педагогических вузах во все большей степени начинает ориентироваться на то, чтобы выпускник отвечал требованиям профессиональных стандартов. Такие стандарты содержат описание трудовых функций, входящих в них действий, умений и знаний, которые потребуются будущим педагогам для успешной работы в сфере образования. Чтобы обучающийся был готов и способен обучать, воспитывать, развивать детей, проектировать и реализовывать основные общеобразовательные программы (дошкольного, начального общего, основного и средне-

го общего образования), в вузе для этого должны быть соответствующие условия. Их создание регламентируется федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования (ФГОС ВО 3++). В них на одной из значимых позиций находится универсальная компетенция «самоорганизация и саморазвитие» [1, с. 8], связанная с умением выполнять самоорганизуемую деятельность – деятельность, планируемую, организуемую и самостоятельно осуществляемую субъектом.

В работе педагогов именно она занимает ведущее место, так как подразумевает са-

мостоятельную постановку целей педагогической деятельности, выбор методов, форм, способов, средств ее достижения во взаимодействии с другими субъектами образования. Кроме того, педагоги должны быть самостоятельны в подготовке и проведении учебных занятий, управлении группами обучающихся и воспитанников, разработке и применении современных психолого-педагогических технологий, организации жизнедеятельности тех, с кем они работают [2]. В этом проявляется активность, творчество педагогов, демонстрирующее то, что для них важно, значимо в профессии, их личностные предпочтения, привнесенные в профессиональную деятельность, т.е. осуществляется самовыражение педагогов в профессиональной деятельности.

Цель исследования: описать с теоретической точки зрения характеристики основных элементов содержания и возможности содействия становлению культуры самовыражения будущих педагогов в процессе профессиональной подготовки.

Материалами исследования были публикации, посвященные научному обоснованию данных об особенностях развития личности в студенчестве, о самовыражении и становлении культуры самовыражения человека. В качестве основного метода выступил теоретический анализ источников.

Результаты исследования и их обсуждение

Проведенное нами теоретическое исследование позволило обосновать утверждение о том, что профессиональным педагогам и обучающимся, которые готовятся ими быть, для успешности выполнения трудовой деятельности необходима не только возможность для самовыражения, но и требуется сделать это достойными для подражания представителями подрастающего поколения способами [3; 4]. Ведь дети дошкольного возраста перенимают, копируя в своем поведении, особенности действий, речи, жестов воспитателей; школьники, начиная с безусловно положительного принятия деятельности учителя начальных классов, переходят к оценке профессиональных и личностных качеств, способов общения, взаимодействия, демонстрируемых в разнообразных ситуациях, педагогами средней школы, с тем, чтобы постепенно выстроить собственное самовыражение, приемлемое в тех или иных случаях. В этом смысле важно, какую культуру самовыражения воспринимают и перенимают дети. Мы установили, что культура самовыражения представляет собой часть индивидуальной культуры педагогов, характеризующуюся

совокупностью норм, образцов, способов, средств самораскрытия и самопрезентации, которые они демонстрируют в своей активности. В состав культуры самовыражения входят такие содержательные компоненты, как аксиологический, гносеологический, эмоциональный, самопознание, деятельностный, рефлексивный (это было обосновано нами ранее в [3]).

В силу того, что культура личности изменчива, способна на протяжении жизни человека приобретать новые характеристики, культура самовыражения педагогов, являясь ее частью, из одного своего состояния может переходить в другое. Поэтому мы рассматриваем становление культуры самовыражения педагогов как процесс непрерывных, циклично и спиралевидно разворачивающихся во времени качественных или количественных изменений, происходящих хотя бы с одним из ее компонентов.

В процессе профессиональной подготовки студентов педагогического вуза возможно содействовать становлению положительных характеристик их культуры самовыражения. Это утверждение стало следствием следующих размышлений:

а) у студентов идет активное построение образа мира, прогнозирование своего места в нем, планирование будущего, предполагающее наличие определенной ценностной основы, что отводит рассматриваемому возрасту центральное место в преобразовании системы ценностных ориентаций человека. Следовательно, в нем имеются условия, благоприятно сказывающиеся на становлении аксиологического компонента культуры самовыражения;

б) ведущая деятельность в студенчестве – учебно-профессиональная, ориентирующая обучающихся на обретение компетенций, требующихся от них в профессиональной деятельности. Такая деятельность предполагает активное познание всего, что связано с будущей профессией. Следовательно, под влиянием профессиональной подготовки способно происходить становление гносеологического компонента культуры самовыражения;

в) у молодых людей, обучающихся в педагогических вузах, меняются черты внутреннего мира и самосознания, перестраиваются психические процессы и свойства личности, совершенствуется эмоционально-волевой строй жизни, приводя в движение становление эмоционального компонента культуры самовыражения;

г) И.А. Зимней [5], А.Н. Леонтьевым [6], С.Л. Рубинштейном [7] и др. психологами установлено, что в этот период претерпевают изменения все прежние отношения человека

к самому себе, придавая существенное значение в развитии личности становлению самопознания;

д) поступление в вуз и профессиональная подготовка предполагают новый этап в изменении особенностей поведения молодых людей, так как они оказываются в ситуациях, требующих от них новых способов взаимодействия с окружающим миром, принятия на себя сначала роли студента, а затем (к концу обучения) максимально возможной для них ориентации на социальную роль педагога. Все это позволяет находиться в процессе становления деятельностному компоненту культуры самовыражения;

е) рассматриваемый возраст благоприятен для осуществления рефлексивной деятельности как способа поиска своего места в жизни. Значит, возникают условия для становления рефлексивного компонента культуры самовыражения молодых людей, готовящихся быть педагогами.

Таким образом, профессиональная подготовка будущих педагогов обладает положительным потенциалом влияния на становление каждого компонента культуры самовыражения. Исходя из этого вывода и используя современные теоретические разработки по проблемам самовыражения [8; 9], культуры самовыражения [10; 11], результаты наших собственных исследований [3; 4], опишем характеристики основных элементов содержания и возможности содействия становлению каждого из компонентов культуры самовыражения будущих педагогов.

Содержание аксиологического компонента культуры самовыражения студентов составляют значимые, важные для них объекты, предметы, явления или их свойства, способы будущего профессионального поведения и деятельности. Это определенные эталоны, с которыми они сопоставляют то, что происходит вокруг них, и то, что они делают сами.

В ходе профессиональной подготовки у преподавателей существует возможность развертывания перед будущими педагогами особенностей профессиональной деятельности с тем, чтобы они выстраивали для себя единый образ педагогической деятельности, включая его в собственное жизненное пространство. Благодаря этому, студенты постепенно начнут воспринимать и принимать выбранную сферу трудовой деятельности как значимую, приемлемую для приложения своих усилий. Следовательно, характеристикой становления аксиологического компонента культуры самовыражения студентов педагогического вуза является расширение и дополнение их системы цен-

ностных ориентаций теми, что связаны со сферой педагогической деятельности. Степень такого расширения и дополнения у обучающихся разная (в зависимости от уровня принятия ценностей).

Содействовать этому в ходе осуществления профессиональной подготовки можно, обращая внимание на иерархию ценностей педагогической деятельности, предъявляемую в образовательном процессе. Здесь задачей преподавателей становятся педагогические воздействия на механизм интериоризации ценностей путем создания условий, в которых обучающиеся получают возможность воспринимать и принимать ценности осваиваемой профессии.

Содержание гносеологического компонента культуры самовыражения студентов педагогического вуза составляют знания и представления о мире, других людях, осваиваемой профессиональной деятельности, имеющиеся и формирующиеся у них в процессе профессиональной подготовки. Функционирование этого компонента культуры самовыражения основано на познавательных способностях и возможностях, протекании познавательных процессов обучающихся. Учтем в этом смысле такую значимую характеристику студенческого возраста, как высокая познавательная мотивация, представляющая собой осознанные познавательные потребности, обуславливающие состояние готовности к познавательной деятельности и обеспечивающие возможность успешного ее выполнения в процессе получения обучающимися педагогического образования. Познавательные потребности относятся к числу духовных, основанных на стремлении познавать окружающий мир, самого себя, смысл своего существования. Из сказанного следует, что характеристикой гносеологического компонента культуры самовыражения студентов педагогического вуза является направленность познавательных процессов на освоение знаний, приобретение умений, которые станут основой их профессиональной компетентности.

Следовательно, возможно содействовать обретению студентами педагогического вуза положительных характеристик культуры самовыражения через создание условий для реализации их стремлений к познанию сферы будущей профессиональной деятельности. Для этого у обучающихся должен быть свободный доступ к информации, стоит вовлекать их в совместную с преподавателями работу над решением учебно-профессиональных задач, включая учебно- и научно-исследовательские.

Содержание эмоционального компонента культуры самовыражения студентов включает в себя разнообразные эмоции, проявляемые ими в процессе освоения педагогической деятельности на профессиональном уровне. Именно эмоции позволяют понять, что в процессе профессиональной подготовки воспринимается и принимается обучающимися положительно, что – отрицательно, что – нейтрально. Эмоции окрашивают деятельность будущих педагогов. А.Н. Леонтьев указывал, что «эмоции не подчиняют себе деятельность, а являются ее результатом и “механизмом” ее движения» [6, с. 209]. Они выступают для личности внутренними сигналами, показывающими степень удовлетворения потребностей (в частности, это касается познавательных потребностей), степень соответствия результатов выполнения элементов педагогической деятельности, осваиваемых студентами, поставленным целям. Значит, характеристикой эмоционального компонента культуры самовыражения будущих педагогов является преобладание положительных эмоций при выполнении любых элементов педагогической деятельности, желание ею заниматься.

При осуществлении профессиональной подготовки преподаватели могут выстраивать такое взаимодействие со студентами и вовлекать их в такие элементы или направления педагогической деятельности, которые будут вызывать у обучающихся веру в свои силы, положительные эмоции, содействуя этим становлению эмоционального компонента культуры самовыражения.

Самопознание студентов педагогического вуза в ходе профессиональной подготовки в большей степени становится ориентировано на понимание самого себя как педагога, на соотнесение своих индивидуально-личностных качеств с построенным в сознании образом идеального педагога. Благодаря этому в ходе профессиональной подготовки становится целенаправленным самообразование, позволяя преподавателям максимально задействовать в образовательном процессе потенциал организации и выполнения студентами разных видов самостоятельной работы. Таким образом, характеристикой становления самопознания как компонента культуры самовыражения студентов является выяснение, осмысление ими своих особенностей как педагогов, а также уровня владения знаниями и умениями, составляющими основу их профессиональной компетентности.

Содержание деятельностного компонента культуры самовыражения студентов педагогического вуза базируется на прояв-

лении ими таких качеств, как целеустремленность, решительность, настойчивость, самостоятельность, инициативность, умение владеть собой. Благодаря их наличию будущие педагоги активно действуют, готовясь к самосовершенствованию в профессии, направленному на развитие профессиональных возможностей, на повышение качества самостоятельной педагогической деятельности. Значимой характеристикой деятельностного компонента культуры самовыражения студентов педагогического вуза является закрепление в их поведении типичных, повторяющихся особенностей самовыражения при выполнении элементов педагогической деятельности (в соответствии как со своими собственными предпочтениями, так и с требованиями профессионального стандарта педагога). Постепенно они начнут складываться в наиболее приемлемые для них модели самовыражения в профессии. В целом чем более успешно будут они выстроены, т.е. в максимальной степени станут отвечать принятому конкретным студентом образу педагога, чем комфортнее он себя чувствует при реализации модели самовыражения, тем гармоничнее, легче пройдет его адаптация к самостоятельной профессиональной деятельности.

Для содействия становлению деятельностного компонента культуры самовыражения студентов, преподаватели могут: создавать вариативную учебную среду, в которой обучающиеся найдут для себя возможности осуществлять самовыражение и, в частности, самовыражение в педагогической деятельности; включать в образовательный процесс практико-ориентированные педагогические ситуации; выстраивать педагогическое взаимодействие со студентами по решению практических педагогических задач.

Содержание рефлексивного компонента культуры самовыражения студентов педагогического вуза составляет рефлексивная деятельность, направленная на поиск смысла осваиваемой педагогической деятельности, смысла существования в профессии, что позволит им так преобразовать собственный внутренний мир, чтобы обрести неповторимость, осмыслить свою уникальность как представителя педагогической профессии. Рефлексивная деятельность побуждает молодых людей самостоятельно получать и изменять индивидуальный опыт профессиональной педагогической деятельности.

Значит, одной из характеристик становления рефлексивного компонента культуры самовыражения студентов педагогического вуза является ориентация рефлексивной деятельности на конструирование сознатель-

ных механизмов понимания и осмысления особенностей выполнения элементов педагогической деятельности, себя как представителя этой профессии.

Выводы

Резюмируя изложенное, подчеркнем, что к характеристикам становления культуры самовыражения студентов педагогического вуза относятся: дополнение ценностных ориентаций обучающихся принятыми ими в ходе профессиональной подготовки нормами, правилами, ценностями выполнения педагогической деятельности; формирование индивидуальной системы педагогических знаний, умений, компетенций, позволяющих отнести молодых специалистов к числу профессионально компетентных людей; возникновение положительных эмоций от выполнения педагогической деятельности, желание ею заниматься, стремление посвятить ей свою профессиональную жизнь; ориентация самопознания на выяснение особенностей складывающихся у студентов новых качеств, необходимых для успешного выполнения профессиональной деятельности; демонстрация в поведении моделей осуществления педагогической деятельности как на основе собственной системы ценностей, предпочтений, так и требований общества к профессиональным педагогам; осмысление всего, что требуется делать профессиональному педагогу, выбор наилучших вариантов выполнения профессиональных обязанностей, видение перспектив профессионального самосовершенствования.

Список литературы

1. ФГОС ВО – бакалавриат по направлению подготовки 44.03.05 Педагогическое образование (с двумя профилями подготовки) [Электронный ресурс]. URL: http://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/440305_B_3_16032018.pdf (дата обращения: 22.06.2018).
2. Профессиональный стандарт педагога (педагогическая деятельность в дошкольном, начальном, общем, основном общем, среднем общем образовании) (воспитатель, учитель) [Электронный ресурс]. URL: profstandartpedagoga.rf/profstandart-pedagoga/ (дата обращения: 22.06.2018).
3. Омельченко Е.А. Становление культуры самовыражения будущих педагогов в учебном процессе вуза // Сибирский педагогический журнал. 2016. № 1. С. 56–61.
4. Омельченко Е.А. Возможности самовыражения студентов вуза в ходе научно-исследовательской деятельности // Международный журнал экспериментального образования. 2010. № 11. С. 126–128.
5. Зимняя И.А. Педагогическая психология. М.: Логос, 2000. 384 с.
6. Леонтьев А.Н. Деятельность. Сознание. Личность. М.: Смысл; Академия, 2005. 352 с.
7. Рубинштейн Л.С. Основы общей психологии. СПб.: Питер, 2015. 705 с.
8. Щебельская Э.Г. Социально-психологические особенности потребности в самовыражении студентов вуза // Проблемы педагогической инноватики в профессиональном образовании: материалы XVIII Междунар. научно-практической конференции. СПб.: Изд. РГПУ им. А.И. Герцена, 2017. С. 141–145.
9. Тарасова И.В. Профессиональное самовыражение преподавателей и студентов как актуальная проблема высшей школы // Мировое культурно-языковое и политическое пространство: инновации в коммуникации: сб. науч. тр. М.: РУДН, 2015. С. 296–306.
10. Климова Т.Е., Шиндяева Е.А. Формирование культуры эмоционального самовыражения подростков общеобразовательной школы: монография. Магнитогорск: МаГУ, 2007. 112 с.
11. Прохорова С.А. Формирование культуры самовыражения учащихся: содержательный аспект художественного образования // Искусство и образование. 2012. № 3. С. 91–97.

УДК 37.062

ВНЕУРОЧНАЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ КАК ФОРМА ИНТЕГРАЦИИ НАУКИ И ШКОЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ

Соколова И.В., Сергеев А.Э.

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина»,
Краснодар, e-mail: irin-sokolova@yandex.ru

Несмотря на то, что проблема связи науки и образования, высшей и средней школы традиционна, она остается актуальной и в наши дни. В статье рассматривается образовательная концепция науки, реализующая свой потенциал во внеурочных занятиях со школьниками. Научная, исследовательская деятельность дает наряду со знаниями огромное количество умений и навыков. Необходимо знакомить учащихся с научными достижениями, мотивировать их к познанию мира, к его позитивному развитию и преобразованию, к участию в различного вида конкурсах, проектах. И делать всё это целесообразно уже в средних классах школы и в сотрудничестве с вузами. Учёные должны более тесно работать с современным образованием, с методистами, педагогами, студентами младших курсов и школьниками, привлекать их к участию в инновационных проектах, грантах, конференциях, круглых столах, публикациях. В свою очередь высшие учебные заведения заинтересованы в расширении и углублении сотрудничества со школами. Центром творческого пересечения школьных учителей и преподавателей вузов, зоной их взаимного обмена знаниями и опытом может быть внеурочная работа. К организации внеурочных мероприятий школьной администрации необходимо активнее привлекать родителей учащихся. В исследовании определены задачи и содержание сотрудничества школ и вузов, выявлены их взаимные интересы и потребности, формы активного сотрудничества, актуализированы методические связи учителей и ученых, которые необходимо налаживать систематически, целенаправленно и планомерно, с перспективой как на ближайшее, так и на отдаленное будущее. Современные внеурочные занятия, имеющие по своей природе уникальные воспитательные и образовательные возможности, именно при такой интеграции науки и школьного образования будут приносить полноценные педагогические результаты.

Ключевые слова: наука, образование, внеурочная деятельность, школы и вузы, сотрудничество, исследовательская деятельность, методические связи, ученые, преподаватели, школьники

EXTRACURRICULAR ACTIVITIES AS FORM OF INTEGRATION OF SCIENCE AND SCHOOL EDUCATION

Sokolova I.V., Sergeev A.E.

Kuban State Agricultural University of I.T. Trubilin», Krasnodar, e-mail: irin-sokolova@yandex.ru

In spite of the fact that the problem of communication of science and education, the higher and high school is traditional, it remains relevant and today. In article the educational concept of science realizing the potential in after-hour occupations with school students is considered. Scientific, research activity gives huge amount of skills along with knowledge. It is necessary to acquaint pupils with scientific achievements, to motivate them to knowledge of the world, to its positive development and transformation, to participation in various a look competitions, projects. And to do all this is expediently more narrow in middle school of school and in cooperation with higher education institutions. Scientists have to work more intimately with the modern education, with methodologists, teachers, junior students and school students, to recruit them in innovative projects, grants, conferences, round tables, publications. In turn higher educational institutions are interested in expansion and deepening of cooperation with schools. The center of creative crossing of school teachers and teachers of higher education institutions, zone of their interchange by knowledge and experience can after-hour work will be. It is necessary to attract parents of pupils in the organization of after-hour actions of school administration more actively. In a research tasks and content of cooperation of schools and higher education institutions are defined, their relative interests and requirements, forms of the fissile cooperation are revealed, methodical communications of teachers and scientists which need to be adjusted systematically, targeted and systematically, with prospect both on the next, and on the long-term future are statized. The modern after-hour occupations having unique educational and educational opportunities by the nature at such integration of science and school education will bring full-fledged pedagogical results.

Keywords: science, education, extracurricular activities, schools and higher education institutions, cooperation, research activity, methodical communications, scientists, teachers, school students

Наука как форма духовной деятельности людей направлена на производство знаний о природе, обществе и о самом познании, имеет непосредственную цель постижения истины и открытия объективных законов. Фундаментальный аспект науки проявляется в обнаружении новых закономерностей в природе, прикладной – в приложении и использовании достижений в практике. Крайне важен образова-

тельный аспект науки, ее потенциал по формированию активного современного члена общества. На современном этапе она выступает и как образовательная концепция [1].

Научная, исследовательская деятельность в любых ее проявлениях не только дает знания, но и формирует, развивает большое количество следующих умений и навыков:

– умение формулировать тему, цели и задачи исследования, обосновывать его актуальность;

– умение анализировать литературу и на основе анализа определять степень новизны исследования;

– навыки в проведении экспериментов, в подготовке сообщения, презентации, выступления перед аудиторией, работы в коллективе;

– навыки работы с компьютером, интернетом, электронной почтой, различными программами для подготовки докладов и презентаций, изучения современных достижений;

– умение четко формулировать свои мысли, аргументированно их выражать, обосновывать и реализовывать, в том числе и на бумаге;

– умение изучать и цитировать первоисточники, правильно оформлять библиографические ссылки, делать выводы, определять перспективы, формулировать дальнейшие направления исследования и др.

Этим умениям и навыкам детей нужно начинать учить в школе. В обычной жизни, в профессиональной деятельности они могут оказаться намного более полезными, чем конкретные знания в той области, в которой получено образование. Например, планирование целей – важнейший навык, который педагог не только должен освоить сам, но и научить своих воспитанников. Если дети освоят умение четко ставить перед собой цели, формулировать задачи, это принесет им огромную пользу. Применяя это умение, ребенок становится более организованным, а его дела приобретают упорядоченность, что придает уверенности в себе и своих силах. Такая уверенность очень необходима в условиях современной жизни. Мы делаем множество разных дел, перескакивая с одного на другое, и умение ставить цели дает ясное понимание своих желаний и приоритетов. Планирование помогает правильно распределять свое время и силы, выделять первоочередные задачи, сосредотачиваться на них и в итоге добиваться успеха. Записывая и планируя цели и задачи, человек управляет своей жизнью и в результате чаще принимает верные решения.

Нужно только вовремя начать всему этому учить, как можно раньше увидеть скрытые таланты ребенка и целенаправленно развивать их тщательным образом. Детей необходимо вдохновлять, внушать им идею о максимальной самореализации, снабдить их для этого всеми возможными методами. А для этого педагог сам должен гореть идеей исследования, быть не равнодушным созерцателем, а пытливым

искателем, созидателем и преобразователем, заинтересовать своих учеников собственным примером, научить их мыслить, направить их энергию в исследовательское русло, помогать детям постепенно становиться мудрыми, достойными, благородными, сильными и успешными взрослыми. Педагогу нужно научиться видеть, слушать и слышать своих учеников. Необходимо знакомить их с научными достижениями, жизнью и деятельностью великих людей, известных ученых, мотивировать к познанию мира, к его позитивному развитию и преобразованию, к чтению классической и современной научной литературы, к участию в различного вида конкурсах, проектах, выполнению творческих заданий. Всё это под руководством наставника-педагога даст возможность самореализоваться ребенку, найти себя и свои интересы в жизни, поможет выбрать дальнейший путь в жизни. Делать всё это целесообразно уже в средних классах школы и желательно в сотрудничестве с вузами.

Цель исследования: показать взаимодействие науки и образования, вузов и школ посредством внеурочной деятельности школьников.

Материалы и методы исследования

Объект исследования – внеурочная деятельность школьников.

Предмет исследования – процесс организации внеурочной деятельности учащихся в контексте взаимодействия школы и вуза.

Использовались следующие методы исследования: теоретический анализ научно-методической литературы, учебно-методических пособий по проблеме исследования; анализ данных, полученных в процессе опытно-экспериментальной работы.

В современной науке наблюдается объединение различных разделов научного знания, интеграция его с учебными дисциплинами для разрешения как конкретных небольших, так и крупных задач, даже глобальных проблем, выдвигаемых практическими потребностями общества.

Учёные, на наш взгляд, должны более тесно работать с современным образованием, с методистами, педагогами, студентами младших курсов и школьниками, привлекать их к участию в инновационных проектах, грантах, конференциях, круглых столах, публикациях и др. Наши школьники готовы к этому. Они владеют компьютером не хуже, а иногда и лучше современного учителя и учёного, а их пытливые умы, свежие нестандартные идеи, неординарность мышления, энергичность и целеустремлённость, стремление к самореализации должны быть востребованы и развиты научным знанием.

Школы и высшие учебные заведения имеют богатые традиции сотрудничества. Современная школа, развивающаяся как открытое государственно-общественное учебно-воспитательное учреждение, заинтересована в интенсивном содружестве с вузами. В свою очередь вузы обнаруживают потребности

в расширении и углублении сотрудничества со школой. Центром совместной творческой деятельности школьных педагогов и работников вузов, зоной из пересечения и взаимообмена знаниями и опытом может быть внеурочная работа со школьниками.

Внеурочная деятельность на современном этапе является составной частью учебно-воспитательного процесса и одной из форм организации свободного времени учащихся. Согласно ФГОС, она понимается как образовательная деятельность, осуществляемая в формах, отличных от классно-урочной, и направляется на достижение планируемых результатов основной образовательной программы. Занятия при организации внеурочной деятельности могут проводиться с детьми в форме экскурсий, круглых столов, конференций, диспутов, олимпиад, соревнований, дидактических театров, библиотечных уроков, общественно полезных практик, поисковых и научных исследований, туристических и краеведческих экспедиций в соответствии с планом внеурочной деятельности. Организационными формами объединения обучающихся по всем направлениям внеурочной деятельности являются кружки, студии, клубы, секции, научные общества учащихся, исследовательские или проектные лаборатории, малая академия наук, летние школы, детские общественные объединения, дистанционные и сетевые площадки и т.п.

Главное, на наш взгляд, чтобы все вышеперечисленное не осталось просто на бумаге, чтобы внеурочная деятельность не понималась как что-то малозначимое, не требующее особых усилий и не превращалась в чистый формализм, сводящийся к составлению и утверждению программ, заполнению нормативной документации, бесцельному времяпровождению. Кроме того, внеурочная деятельность не должна пониматься как догма, а должна превратиться в динамично развивающийся процесс, отвечающий запросам общества.

Внеурочная деятельность сегодня должна быть призвана выявлять и раскрывать потенциал, поддерживать таланты наших школьников, быть гибким механизмом, адаптированным к потребностям и запросам детей, их желаниям, помогать в их профессиональной ориентации. Целесообразно проводить опросы учащихся с целью выявления их интересов, выяснения форм и направлений работы, вызывающих наибольшую заинтересованность у воспитанников. Анкетирование можно провести и на родительском собрании для мониторинга уровня удовлетворенности качеством проводимой внеурочной работы, определения родительских приоритетов и запросов.

Необходимо расширять возможности школ по реализации внеурочной деятельности, использовать научную базу и направления близлежащих вузов, их научные площадки, лаборатории, интенсивнее внедрять в эту деятельность интернет-технологии. Так в Кубанском государственном университете создан комплекс дистанционных курсов для школьников, содержание которых выходит за рамки школьной программы, проводится внеурочное обучение школьников средних классов, абитуриентов, обновляются как содержание, так и формы дистанционной работы. Внеурочная деятельность, реализуемая дистанционно, позволяет создать комфортные условия для развития обучаемого как личности за счет облегчения доступности приобретения новых знаний, вовлечения в этот процесс большого количества учащихся, увеличения времени на самостоятельное освоение

материала при одновременном уменьшении количества теоретических занятий. Она дает быстрые и качественные результаты при хорошем сервисном обеспечении и обслуживании внеурочного процесса. Дистанционные формы позволяют большинству школьников быстро осваиваться в новой среде, взаимодействовать друг с другом на расстоянии, интенсивнее включаться в работу и добиваться успехов, познавать неизведанное, получать знания в новых областях, не ограничивая развитие своих основных интересов и склонностей.

К организации внеурочных мероприятий школьной администрации необходимо активнее привлекать родителей учащихся. Родительские комитеты, бабушки и дедушки, мамы и папы могут организовывать и проводить как внеурочные развлекательные, так и обучающие и научные мероприятия в течение всего года – книжные ярмарки, праздники, научные выставки, встречи и т.п. В этой деятельности они могут быть рядом со своими детьми. Разъяснительная работа среди родителей поможет организовать большее количество участников, сделать подобные мероприятия насыщенной, красочной, полезной и регулярной. Привлечение к этому родителей-ученых, родителей-преподавателей вузов поможет найти новые грани взаимодействия науки и обучения.

Результаты исследования и их обсуждение

В современных условиях можно определить следующие *задачи сотрудничества школ и высших учебных заведений*:

- целевое использование школьными педагогами научного, учебно-методического, кадрового, материально-технического потенциала вузов для обеспечения качественного образования, социализации и профессиональной ориентации школьников;
- развитие творческого содружества учителей и ученых по выявлению одаренных, талантливых детей для последующего их развития и поддержки;
- разработка, апробация и реализация новых образовательно-воспитательных программ, использующих современные технологии;
- создание научно-творческих школьно-вузовских объединений для обмена опытом.

Содержанием указанного *сотрудничества* может стать:

- непосредственная работа преподавателей со школьниками на территории вузов и школ – чтение лекций в определенные дни недели, выступление на предметных неделях, вечерах, праздниках науки, экскурсии в вуз, его лаборатории, в специальные аудитории, рассказы об истории факультетов, их достижениях и ученых, руководство творческими работами;
- дистанционная работа – проведение внеурочных занятий в рамках электронных университетов, школ и кружков, индивидуальных и групповых консультаций онлайн, олимпиад и различных творческих конкурсов;

– использование учителями методической помощи вузовских работников посредством внедрения разработанных в рамках научных школ передовых педагогических технологий, учебно-методических пособий и рекомендаций;

– проведение школьными учителями и преподавателями высших учебных заведений совместной инновационной опытно-экспериментальной работы [2] через разработку и внедрение сетевых образовательных ресурсов, создание инновационных площадок, научно-образовательных проектов на интернет-порталах и в социальных сетях, профессиональных предметных интернет-сообществ;

– проведение интернет-олимпиад [3], дистанционных интернет-курсов, заочных и летних школ [4];

– участие студентов педагогических вузов в организации и проведении внеурочной работы со школьниками (помощь в исследовательской деятельности, работа по составлению программ, разработке сценариев занятий, мероприятий, непосредственное их проведение, репетиторство со слабоуспевающими учениками и т.п.);

– более широкое совместное использование материально-технической базы вузов в развертывании внеурочной деятельности школьников (экскурсии в учебно-лабораторные аудитории, демонстрационное использование лабораторного, учебно-практического, интерактивного оборудования);

– организация и проведение школьно-студенческих выставок, конкурсов с использованием мультимедийных технологий;

– проведение встреч с известными учеными и исследователями.

Учебные контакты преподавателей вузов и школьников имеют целью выработку у учащихся устойчивого интереса к предметам, более полного и неформального понимания отдельных фактов и понятий, углубления знаний, расширения кругозора. Они увлекают ребят романтикой творческого восприятия предмета, желанием научного поиска. Содержание занятий может быть очень широкого диапазона: от углубленных элементов школьной программы до простых тем вузовской. Здесь важна правильная организация подобных контактов, заинтересованность учителя и администрации школы в их развитии и укреплении.

Среди многочисленных *форм интеграции* школ и вузов выделим следующие:

– отбор учащихся (в настоящее время поиск талантливой, одаренной и просто заинтересованной молодежи ведется вузовскими работниками разных уровней уже

в начальных и средних классах) и их дальнейшая профессиональная ориентация;

– прохождение квалифицированной профессионально-педагогической практики студентов педвузов и университетов на базе школ [5];

– проведение различных форм экспериментальной работы по разным направлениям [6, 7], совместной инновационной деятельности, разработка, апробация и внедрение новых экспериментальных учебных и учебно-методических пособий для внеурочной работы [8, 9].

Выводы

Необходимо развивать и всячески популяризировать, использовать, развивать и поддерживать российские традиции образования, устранять разобщенность педагогической деятельности учителей и преподавателей вузов, выстраивать прикладной вектор в организации внеурочной деятельности. Следует ориентировать школьников на современные прикладные задачи, внедряя в содержание дополнительных разделов школьных дисциплин изучение моделей различных процессов и явлений. Такое сетевое взаимодействие школы и вуза позволяет привлечь высококвалифицированных преподавателей, ученых и специалистов для совершенствования организации как всего образовательного процесса, так и внеурочной работы в частности. Участие школьников в научных исследованиях создаст дополнительные условия для поддержки и развития одаренных детей; повышения качества образования и квалификации педагогических кадров школы.

Методические связи школ с учеными следует налаживать постоянно для целенаправленной, систематической, непрерывной работы, с перспективой на ближайшее и отдаленное будущее. Тогда внеурочные занятия, имеющие по своей природе уникальные воспитательно-образовательные и мотивационные возможности, будут проходить интересно, живо, увлекательно и, как следствие, давать полноценные результаты.

Российское образование не стоит на месте, оно претерпевает модернизацию, впитывает в себя инновационные процессы научного познания [10]. На каждом этапе своего развития оно опирается на нормативные документы, разрабатываемые с привлечением крупных учёных, обновляется на основе новых открытий, обогащающих наши знания о природе и обществе.

В процесс образования внедряются передовые разработки в области психологии, физиологии, охраны здоровья. Компьютерные и интернет-технологии двигают все

процессы вперёд семимильными шагами. В таких условиях мы – педагоги просто обязаны успевать за всем миром, в котором образованию и науке всегда уделялось и уделяется первостепенное внимание и придается первоочередное значение.

Список литературы

1. Парахонский А.П., Венглинская Е.А. Интеграция и дифференциация наук, их связь с образованием // Успехи современного естествознания. 2009. № 9. С. 86–87
2. Казаренков В. Основы педагогики: интеграция урочных и внеурочных занятий школьников [Электронный ресурс]. URL: <http://smolsoc.ru/index.php/home/2009-12-24-13-38-54/29-2010-08-30-11-29-38/1210-2011-02-26-13-03-34?page=&print=1&tmpl=component> (дата обращения: 18.07.2018).
3. Грушевский С.П., Колчанов А.В., Титов Г.Н. О математических интернет-олимпиадах школьников // Современные проблемы и перспективы обучения математике, физике, информатике в школе и вузе: межвузовский сборник научно-методических работ. Вологда, 2018. С. 204–207.
4. Бочаров А.В., Титов Г.Н., Первушина Ю.С. Интернет поддержка обучения школьников в заочной школе математического образования // Школьные годы. 2016. № 64. С. 16–28.
5. Взаимодействие вуза и школы как фактор инновационного развития общеобразовательной организации: Инновационный проект [Электронный ресурс]. URL: http://sholsdora.ucoz.ru/innovacionnyj_proekt_2017.doc.pdf (дата обращения: 18.07.2018).
6. Концепция развития математического образования в Российской Федерации. Распоряжение Правительства Российской Федерации от 24 декабря 2013 г. № 2506-р [Электронный ресурс]. URL: <http://static.government.ru/media/files/41d4b63b1dd474c16d7a.pdf> (дата обращения: 18.07.2018).
7. Соколова И.В. Технология внеклассной работы по математике в V–VI классах на основе личностно ориентированного подхода: дис. ... канд. пед. наук 13.00.02. Краснодар, 2005. 213 с.
8. Титов Г.Н., Соколова И.В. Дополнительные занятия по математике в 5–6 классах: пособие для учителя. Краснодар: Кубанский государственный университет, 2003. 129 с.
9. Соколова И.В. Математический кружок в VI классе: учеб.-метод. пособие. 2-е изд. Краснодар: КубГУ, 2013. 152 с.
10. Байгубаков И.Я., Хакимова Л.Я. Модернизация педагогического образования как фактор устойчивого развития российского общества / Педагогическая наука и педагогическое образование в классическом вузе: материалы ежегодной Международной научно-практической конференции. Уфа: БГУ, 2017. С. 31–33.