СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 12, 2018
Часть 2
ISSN 1812–7320

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

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

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

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР

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

Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,969.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,407.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 25.12.2018
Дата выхода номера – 25.01.2019

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 28,38
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2018/12
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ВЛИЯНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА ПОВРЕЖДАЕМОСТИ НА ОЦЕНКУ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ КОЛЬЦЕВЫХ ПЛАСТИН
Белов А.В., Поливанов А.А., Неумоина Н.Г. *257*

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ДТП
Бессарабов Е.Н., Бессарабов А.Н., Гасанов Б.Г., Ефимов А.Д., Нефедов В.В. *262*

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ ВИХРЕЙ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ СВЕРХЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ
Гусев С.В., Захаров Н.Н., Бошенятов Б.В. *266*

СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИМ АГРЕГАТОМ С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА
Ильясов Б.Г., Саитова Г.А., Халикова Е.А. *271*

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ БЛОЧНЫХ ШИФРОВ TEA И DES
Клёкта С.А., Чесноков Н.И., Черкесова Л.В. *276*

ДИНАМИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЕМ
Кобзев А.А., Лекарева А.В., Новикова Н.А., Сидорова О.С. *282*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМИРУЮЩИХ РОЛИКОВ И ЗАГОТОВКИ ПРИ РОТАЦИОННОМ ОБКАТЫВАНИИ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ
Лаврентьев А.М. *289*

ПОСТРОЕНИЕ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И ПОДДЕРЖКИ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА
Лебедев Г.С., Клименко Г.С., Жовнерчук Е.В., Шадеркин И.А., Кожин П.Б., Галицкая Д.А. *295*

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ
Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Габдуллина Э.Р. *303*

ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ДИНАМИКИ ПЛАЗМЫ
Манкаева Г.А., Джимбеева Л.Н., Дертеев С.Б., Михаляев Б.Б. *308*

БЛАГОУСТРОЙСТВО ДЕТСКИХ ИГРОВЫХ ПРИДОМОВЫХ ПЛОЩАДОК
Месенева Н.В. *313*

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ УГЛЕЙ И ИХ ГАЗОВЫХ ПРОДУКТОВ В ПРОЦЕССАХ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ
Монгуш Г.Р., Самойло А.С. *318*

ПРИЗНАКИ РЕГИОНАЛИЗМА В АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ГОРОДА АЛМАТЫ РАЗНЫХ ПЕРИОДОВ
Мурзагалиева Э.Т. *326*

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНЫХ ЛЕНТ ПОСЛЕ НАНЕСЕНИЯ НА ИХ ПОВЕРХНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ
Нелюб В.А. *330*

ПРЕДПОСЫЛКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ
Павлов С.П., Макарова В.М., Злобина И.В., Бекренев Н.В. 337

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНЫХ ЭМОЦИЙ И КОМПЛЕКСНЫХ ВОСПИТАНИЙ РОБОТА
Пенский О.Г., Анисимова С.И. 343

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ РАМЫ СОЛНЦЕКАТА «ТУРИСТ» ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ
Поливанов А.А., Галущак В.С. 347

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПО ДАННЫМ МАЛДИ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ
Посылкина А.А., Карякина О.Е., Карякин А.А. 352

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
Сегаев И.Н., Репников М.С., Смирнова Ю.О. 357

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СМОГА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ
Соловьев Л.П. 362

МАЖОРИТИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ USART В МАЖОРИТАРНО-РЕЗЕРВИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ
Сыцевич Н.Ф., Кулиев Р.С., Крахмалев Д.В., Жабоев Ж.Ж. 366

МЕТОД УМЕНЬШЕНИЯ РИСКОВ ПРОЕКТОВ ПО РАЗРАБОТКЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РУКОВОДСТВ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ
Фролова Е.А., Семенова Е.Г. 371

ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДА ЕССЕНТУКИ
Цой Т.М., Сидякин П.А., Алехина И.С., Сенченко И.С. 377

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ БЛОКА КОНДЕНСАЦИИ ПАРОВ БЕНЗИНОВОЙ ФРАКЦИИ КОЛОННЫ К-2
Шибитова Н.В., Раздолгина М.С., Красников А.Н. 382

СЖАТИЕ С ПОТЕРЯМИ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ
Шишкин О.Г. 387

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ХРАНЕНИЯ, УЧЕТА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ В СОСТАВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ
Щербаков И.Д., Алексанян Г.К., Щербакова М.В., Сулыз А.В. 392

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИОННОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТОК КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ МАРТЕНСИТНО-ФЕРРИТНОГО КЛАССА
Якимов Н.С., Муратов В.С. 398

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕЖУЩИХ АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН С ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТАЛИ
Яшков В.А. 403

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

БЕЗОПАСНЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ: ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ
Акимова Л.А. 408

ЭКОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА УЧИТЕЛЯ
НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ В СОВРЕМЕННОМ ВУЗЕ
Бобылева Л.А. *413*

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО
ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА ПО МАТЕМАТИКЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 5 КЛАССОВ
Быков А.А., Сенчилов В.В. *418*

АЛГОРИТМ СОЦИАЛЬНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ БАКАЛАВРА:
СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ
Гордеева Н.О., Сыроватская Т.А. *423*

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПРОЕКТНОГО МЫШЛЕНИЯ
В КОНТЕКСТЕ ОБЩЕЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ПОДГОТОВКИ
Данченко Л.В., Туктамышов Н.К. *427*

ДИАГНОСТИКА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ
МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ К НРАВСТВЕННЫМ ЦЕННОСТЯМ
Дурнева Т.В., Гринева Е.А., Чернова Т.В. *432*

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ЯРАНСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТЕХНИКУМА:
ДОРЕВОЛЮЦИОННЫЙ ПЕРИОД
Кравченко Т.А., Чибаков А.С. *436*

ТЕОРИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ
ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ КАК ОСНОВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ
Краснова О.В., Яремко Н.Н. *442*

ВСЕРОССИЙСКИЙ КОМПЛЕКС «ГОТОВ К ТРУДУ И ОБОРОНЕ»
В ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ
РОСТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО
УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ
Ляшко Г.И., Путилина Т.А. *450*

ПАРНАЯ РАБОТА В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ
Минаева Е.В., Булдыгерова Т.И., Фомичева И.В. *455*

СИСТЕМА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА
ПОДГОТОВКИ РЕЖИССЕРОВ МУЛЬТИМЕДИА
Сошников В.Д. *460*

СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ФАКТОР
ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ
БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ
Федотова Г.А., Чистякова Е.Г. *465*

СИТУАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА СТИЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕДАГОГОМ
ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЯХ
Шаповалов В.И., Шуванов И.Б., Шуванова В.П. *470*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

INFLUENCE OF THE LIMIT VALUE OF THE DAMAGE PARAMETER ON THE ESTIMATION OF THE LONG-TERM STRENGTH OF RING LAMINAS
Belov A.V., Polivanov A.A., Neumoina N.G. *257*

MATHEMATICAL MODEL OF ELASTIC-PLASTIC DEFORMATIONS OF VEHICLES FOR CARRYING OUT AUTOTECHNICAL EXPERTISE OF ROAD TRANSPORT ACCIDENTS
Bessarabov E.N., Bessarabov A.N., Gasanov B.G., Efimov A.D., Nefedov V.V. *262*

MODELING OF THE GENERATORS OF THE VORTEXES OF THE INPUT DEVICES OF SUPER SINGLE AIRCRAFT
Gusev S.V., Zakharov N.N., Boshenyatov B.V. *266*

THE SYNTHESIS OF ALGORITHMS FOR INTELLIGENT CONTROL OF GAS-COMPRESSOR UNIT TO ENSURE THE REQUIRED QUALITY
Ilyasov B.G., Saitova G.A., Khalikova E.A. *271*

DEVELOPMENT OF A COMBINED ENCRYPTION ALGORITHM ON THE EXAMPLE OF COMBINING BLOCK CIPHERS TEA AND DES
Klekta S.A., Chesnokov N.I., Cherkesova L.V. *276*

DYNAMIC CORRECTION OF CONTROL IMPACT IN ROBOTIC SYSTEMS BASED ON NEURAL NETWORK TECHNOLOGY WITH ONLINE-TRAINING
Kobzev A.A., Lekareva A.V., Novikova N.A., Sidorova O.S. *282*

EXPERIMENTAL STUDIES OF INTERRELATION OF CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE DEFORMING ROLLERS AND BILLET AT ROTATIONAL ROLLING OF EXTERNAL CYLINDRICAL SURFACES
Lavrentev A.M. *289*

BUILDING A TELEMEDICINE SYSTEM FOR MONITORING THE HEALTH STATUS AND SUPPORTING THE SOCIAL ADAPTATION OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS
Lebedev G.S., Klimenko G.S., Zhovnerchuk E.V., Shaderkin I.A., Kozhin P.B., Galitskaya D.A. *295*

EDUCATION QUALITY MANAGEMENT ON THE BASIS OF FUZZY COGNITIVE MODELING
Makarova E.A., Zakieva E.Sh., Gabdullina E.R. *303*

TECHNOLOGY OF THE ORGANIZATION AND DERIVING OF SCIENTIFIC RESEARCHES IN PLASMA DYNAMICS PROBLEMS
Mankaeva G.A., Dzhimbeeva L.N., Derteev S.B., Mikhalyaev B.B. *308*

IMPROVEMENT OF CHILDREN'S GAMING HOUSE SITES
Meseneva N.V. *313*

STUDY OF BURNABILITY FOR COALS AND THEIR GAS PRODUCTS DURINGTHERMO-OXIDATIVE DESTRUCTION PROCESSES
Mongush G.R., Samoylo A.S. *318*

FEATURES OF REGIONALISM IN ARCHITECTURE OF ALMATY OF DIFFERENT PERIODS
Murzagalieva E.T. *326*

ASSESSMENT OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CARBON TAPES AFTER DRAWING ON THEIR SURFACE OF METAL COATINGS
Nelyub V.A. *330*

PRECONDITIONS OF REGULATION OF THERMAL CONDUCTIVITY
OF POLYMER COMPOSITES BASED ON MODELING
OF HEAT FLOW AND ADDITIVE TECHNOLOGIES
Pavlov S.P., Makarova V.M., Zlobina I.V., Bekrenev N.V. *337*

MATHEMATICAL MODELS OF COMPLEX EMOTIONS AND INTEGRATED
EDUCATION OF THE ROBOT
Penskiy O.G., Anisimova S.I. *343*

STRENGTH CALCULATION OF THE FRAME OF SOLAR-ELECTRIC-MOBILE «TOURIST»
UNDER STATIC LOADING
Polivanov A.A., Galuschak V.S. *347*

THE DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE MODULE FOR THE IDENTIFICATION
OF LOW-MOLECULAR COMPOUNDS BY MALDI MASS SPECTROMETRY
Posylkina A.A., Karyakina O.E., Karyakin A.A. *352*

ANALYSIS OF MODERN TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL
SOLUTIONS IN CONSTRUCTION
Segaev I.N., Repnikov M.S., Smirnova Yu.O. *357*

CONSTRUCTION TECHNOLOGIES AND FORMATION
OF THE ELECTROMAGNETIC SMOG IN PREMISES
Solovev L.P. *362*

MAJORIZATION OF USART SIGNALS IN MAJORITY-RESERVED SYSTEMS
Sytsevich N.F., Kuliev R.S., Krakhmalev D.V., Zhaboev Zh.Zh. *366*

METHOD FOR REDUCING THE RISKS OF PROJECTS FOR THE DEVELOPMENT
OF INTERACTIVE ELECTRONIC TECHNICAL MANUALS FOR OPERATION
AND REPAIR OF AIRCRAFT
Frolova E.A., Semenova E.G. *371*

ASSESSMENT OF THE CONSTRUCTION AND TECHNICAL CONDITION
OF BUILDINGS OF THE HISTORICAL BUILDING OF G. ESSENTUKI
Tsoy T.M., Sidyakin P.A., Alekhina I.S., Senchenko I.S. *377*

IMPROVEMENT OF HARDWARE DESIGN OF THE BLOCK CONDENSATION
OF VAPOURS OF PETROL FRACTION OF THE COLUMN K-2
Shibitova N.V., Razdolgina M.S., Krasnikov A.N. *382*

COMPRESSION WITH LOSSES OF MULTISPECTRAL IMAGES
THAT ARE BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK
Shishkin O.G. *387*

DEVELOPMENT OF THE MODULE OF STORAGE, ACCOUNTING
AND VISUALIZATION OF THE RECONSTRUCTION RESULTS IN THE COMPOSITION
OF THE ELECTROIMPEDANCE TOMOGRAPHY INFORMATION MEASUREMENT SYSTEM
Shcherbakov I.D., Aleksanyan G.K., Shcherbakova M.V., Sulyz A.V. *392*

DEFORMATION AND THERMAL TREATMENTS FEATURES OF CORROSION-RESISTANT
MARTENSITO-FERRITE STEELS
Yakimov N.S., Muratov V.S. *398*

MODEL OPERATION OF INTERACTION OF THE CUTTING ABRASIVE
GRAINS WITH A DETAIL SURFACE
Yashkov V.A. *403*

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

SAFE LIFE: THE PEDAGOGICAL CONTEXT
Akimova L.A. *408*

THE ECOLOGICAL-PEDAGOGICAL TRAINING OF PRIMARY SCHOOL TEACHERS IN THE MODERN UNIVERSITY
Bobyleva L.A. *413*

PEDAGOGICAL PECULIAR PROPERTIES THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A UNIVERSAL E-COURSE IN MATHEMATICS FOR STUDENTS IN 5 CLASSES
Bykov A.A., Senchilov V.V. *418*

ALGORITHM OF THE SOCIO-PROFESSIONAL ADAPTATION OF THE BACHELOR: WAYS TO IMPROVE
Gordeeva N.O., Syrovatskaya T.A. *423*

FEATURES OF SPATIAL AND DESIGN THINKING IN THE CONTEXT OF GENERAL ARCHITECTURAL TRAINING
Danchenko L.V., Tuktamyshov N.K. *427*

DIAGNOSTICS EMOTIONAL ATTITUDE OF JUNIOR SCHOOLCHILDREN TO MORAL VALUES
Durneva T.V., Grineva E.A., Chernova T.V. *432*

PAGE HISTORY YARANSK TECHNOLOGY COLLEGE: THE PRE-REVOLUTIONARY PERIOD
Kravchenko T.A., Chibakov A.S. *436*

THEORY OF FUNCTIONING AND DEVELOPMENT OF PEDAGOGICAL INTERACTION SYSTEMS AS A BASIS FOR DESIGN IN EDUCATION
Krasnova O.V., Yaremko N.N. *442*

THE NATIONAL COMPLEX «READY FOR LABOR AND DEFENSE» IN SPORTS AND RECREATIONAL ACTIVITIES OF STUDENTS OF THE ROSTOV STATE TRANSPORT UNIVERSITY
Lyashko G.I., Putilina T.A. *450*

STEAM EDUCATIONAL ACTIVITIES PRIMARY SCHOOL
Minaeva E.V., Buldygerova T.I., Fomicheva I.V. *455*

THE SYSTEM OF PRACTICAL TASKS AS A FACTOR OF IMPROVING THE QUALITY OF MULTIMEDIA SPECIALISTS' TRAINING
Soshnikov V.D. *460*

SOCIO-PEDAGOGICAL DESIGN AS A FACTOR OF FORMATION OF PHYSICAL CULTUREFUTURE SPECIALISTS'UNIVERSAL COMPETENCES
Fedotova G.A., Chistyakova E.G. *465*

SITUATIONAL MODEL OF SELECTING THE STYLE OF ACTIVITY BY THE TEACHER WHEN TAKING DECISIONS IN PROBLEM SITUATIONS
Shapovalov V.I., Shuvanov I.B., Shuvanova V.P. *470*

УДК 539.2

ВЛИЯНИЕ ПРЕДЕЛЬНОГО ЗНАЧЕНИЯ ПАРАМЕТРА ПОВРЕЖДАЕМОСТИ НА ОЦЕНКУ ДЛИТЕЛЬНОЙ ПРОЧНОСТИ КОЛЬЦЕВЫХ ПЛАСТИН

Белов А.В., Поливанов А.А., Неумоина Н.Г.

Камышинский технологический институт (филиал) ГОУ «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: polivanov@kti.ru

В данной работе представлена методика решения комплексной задачи оценки прочности и долговечности плоских пластин и многослойных оболочек вращения с учетом пластических деформаций, температурной ползучести, водородной коррозии и деградации свойств материалов во времени. Получены практические решения задач по расчету напряженно-деформированного состояния плоской пластины с отверстием. Пластина находилась под давлением при температуре 500 °С. Исследована зависимость времени наступления предельного состояния от значения параметра повреждаемости для трех различных значений давления. Определены компоненты напряженно-деформированного состояния и время до разрушения пластин. В качестве предельного состояния рассматривались моменты начала процесса разрушения и полного разрушения пластины. В ходе исследований было установлено, что выбор предельного значения параметра повреждаемости оказывает существенное влияние на оценку времени разрушения пластины, причем это влияние особенно сильно проявляется при выполнении расчетов с учетом движения фронта разрушения. При некорректном выборе параметра повреждаемости оценка времени до разрушения может быть как завышенной, так и заниженной. На основе полученных результатов расчетов сформулированы рекомендации по выбору адекватных значений параметра повреждаемости.

Ключевые слова: стальные пластины, высокотемпературная ползучесть, повреждаемость, напряженно-деформированное состояние

INFLUENCE OF THE LIMIT VALUE OF THE DAMAGE PARAMETER ON THE ESTIMATION OF THE LONG-TERM STRENGTH OF RING LAMINAS

Belov A.V., Polivanov A.A., Neumoina N.G.

Reader of Kamyshin Tecnological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: polivanov@kti.ru

In this work, a research methods of complex problem solution to estimate strength and durability of flat laminas and multiple layer shells of rotation with an account of plastic deformations, temperature creep, the hydrogen corrosion and degradation of material's properties in time, is presented . The practical solutions to the problems of calculating the stress-strain state of a flat lamina with a hole was obtained. The lamina was under pressure at a temperature of 500 °C. The dependence of the time of the onset of the limiting state on the value of the damage parameter for three different pressure values is investigated. The components of the stress-strain state and the time to failure of the laminas was determined. As the limiting state, moments of the beginning of the destruction process and the complete destruction of the laminas were considered. In the course of the research, it was found that the choice of the limiting value of the damage parameter has a significant effect on the evaluation of the time of fracture, the laminas, and this effect is especially strongly manifested when calculations are performed taking into account the motion of the destruction front. In case of incorrect selection of the damage parameter, the estimate of the time before the destruction can be both overestimated and understated. On the basis of the obtained results of calculations, recommendations are formulated for the choice of the values of the damage parameter.

Keywords: steel lamina, high temperature creep, damage, stress-strain state

Представляемая работа является прямым продолжением исследований, опубликованных ранее [1], в которых изложена разработанная авторами методика решения комплексной задачи по оценке прочности и долговечности стальных однослойных и многослойных кольцевых пластин и оболочек вращения. Эта методика позволяет определять напряженно-деформированное состояние (НДС) пластин и оболочек вращения при комплексном учете факторов, непосредственно влияющих на ее прочность и долговечность, таких как воздействие высоких температур, мгновенные пластические деформации, развитие деформаций ползучести и накопление микроповреждений в материале вследствие ползучести, приводящее к их разрушению. Существуют и другие подходы к расчету пластин и оболочек с учетом ползучести, например [2, 3].

Цель исследования: анализ известных подходов, применяемых для анализа напряженно-деформированного состояния широкого класса машиностроительных конструкций с учетом повреждаемости материалов при ползучести и движения фронта разрушения, а также их практическое применение для расчета времени до разрушения реальных объектов.

Материалы и методы исследования

В данной работе рассматривается круглая однослойная пластина с центральным отверстием. Предполагается, что процесс развития деформаций ползучести в материале пластины будет сопровождаться накоплением микроповреждений, что в конечном итоге может вызвать ее разрушение. В качестве меры повреждаемости материала используется скалярный параметр повреждаемости ω_C, который можно интерпретировать как относительное сокращение эффективной, несущей нагрузку площади поперечного сечения, вызванное наличием распределенных внутри образца микродефектов [4]. Таким образом, деградацию механических свойств материала можно объяснить как постепенное сокращение эффективной площади отдельного элемента конструкции, которая фактически несет растягивающую нагрузку и определяет сопротивляемость образца растяжению, количественной характеристикой которой является фактическое значение модуля упругости. Данный подход к определению степени повреждаемости материала конструкции в современной механике разрушения получил название континуального [5].

Описание процесса накопления микроповреждений в материале будем осуществлять с помощью кинетического уравнения повреждаемости Ю.Н. Работнова [6].

$$\frac{d\omega_C}{dt} = C_i \left(\frac{\sigma_э}{1-\omega_C} \right)^{Q_i}. \qquad (1)$$

Здесь ω_C – параметр повреждаемости; $\sigma_э$ – эквивалентное напряжение, с помощью которого осуществляется учет влияния вида напряженного состояния в элементе оболочки на ход процесса накопления микроповреждений; C_i и Q_i – характеристики i-го материала, которые определяются на основе данных, полученных из диаграмм длительной прочности.

Процесс накопления микроповреждений в материалах исследуемой пластины или оболочки моделируется с помощью последовательного вычисления кинетического уравнения повреждаемости для каждого отдельного элемента и на каждом этапе нагружения конструкции. Исследование процесса накопления микроповреждений в элементах конструкции будет продолжаться до тех пор, пока параметр ω_C^* не достигнет заданного предельного значения. Это является условием начала процесса разрушения или другими словами – локального разрушения конструкции.

Для приближенной оценки времени до полного разрушения (с учетом того, что параметр повреждаемости, используемый в данной методике расчета, является скалярной величиной) используется метод анализа кинетики развития области разрушения, впервые предложенный Л.М. Качановым и рассмотренный в работах [5–7]. Данный метод основан на исследовании движения поверхности, разделяющей неразрушенную и разрушенную области материала, которая получила название фронт разрушения. На начальных этапах процесса деформирования в материале конструкции идет скрытое накопление повреждений, представляющих собой микропоры и микротрещины. Поскольку в отдельных элементах конструкции уровни действующих напряжений будут различаться (в общем случае), следовательно, процесс накопления микроповреждений в этих элементах будет протекать с разной скоростью.

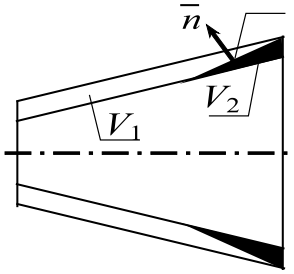


Рис. 1. Движение фронта разрушения

До наступления момента локального разрушения (начала процесса разрушения) t^*_L считается, что разрушенных элементов в конструкции нет. В момент начала разрушения в наиболее нагруженных отдельных элементах конструкции происходит разрушение, что приводит к образованию в конструкции, помимо зоны неразрушенного материала V_1, также и зоны разрушения V_2 (рис. 1). Поверхность Σ, которая разделяет эти две зоны, принято называть фронтом разрушения [8]. При этом вся нагрузка будет перераспределена между оставшимися неразрушенными элементами.

В процессе дальнейшего нагружения конструкции область разрушения будет увеличиваться, что приводит к перемещению фронта разрушения, фактическое положение которого в каждой точке конструкции определяется вектором $\overline{n}$. Когда же область разрушения будет распространена настолько, что часть материала, оставшаяся неразрушенной, не в состоянии более выдержать внешнюю нагрузку, происходит полное мгновенное разрушение конструкции. Этот момент времени принято называть временем полного ее разрушения t^*_P. В дальнейшем весь процесс разрушения конструкции будем разделять на два временных этапа: скрытое разрушение ($0 \le t \le t^*_L$) и распространение области разрушения ($t^*_L \le t \le t^*_P$). По мере движения фронта разрушения его скорость увеличивается и в пределе стремится к бесконечности при стремлении времени нагружения t к моменту полного разрушения конструкции. Скорость перемещения фронта разрушения v_f в общем случае определяется как отношение перемещения Δn фронта к интервалу времени Δt, за который происходит это перемещение:

$$v_f = \frac{\Delta n}{\Delta t}. \qquad (2)$$

В конструкциях, в которых условия нагружения предполагают наличие однородных полей напряжений и температур, процесс накопления микроповреждений в разных ее элементах будет протекать практически с одинаковой скоростью [9]. Вследствие этого, знаменатель в уравнении (2) будет являться малой величиной, стремящейся к нулю. Таким образом, скорость перемещения фронта разрушения в таких конструкциях близка к бесконечности, то есть распространяется он практически мгновенно. Вместе с тем в конструкциях, работающих в условиях сложного термосилового нагружения, с неоднородными полями напряжения, температуры, а также при воздействии высокотемпературного водорода и других факторов, процессы накопления повреждений в материалах в общем случае протекают с существенно различной скоростью. Таким образом, длительность стадии распространения разрушения отдельных

участков конструкции будет составлять существенную часть времени от общей продолжительности процесса разрушения и ее учет позволит получить значительно более точную оценку времени полного разрушения исследуемого объекта. Поэтому производить оценку долговечности таких конструкций только по времени начала процесса разрушения может быть не всегда корректно.

Непосредственное применение уравнения (2) для исследования неизотермически нагруженных конструкций в рамках предложенной авторами методики не представляется возможным. Чтобы решить поставленную задачу, изучение перемещения фронта разрушения следует осуществлять с применением численного подхода. Суть этого подхода заключается в том, что при проведении прочностных расчетов в рамках предложенной авторами методики конструкция по толщине и меридиану разбивается на отдельные элементы, а интервал времени ее нагружения – на отдельные, достаточно короткие этапы. В этом случае положение фронта разрушения в любой конкретный момент времени будет определяться координатами точек, в которых в данный момент происходит разрушение. Параметр повреждаемости в разрушенных элементах конструкции полагается равным предельному ω_C^*, и впоследствии задача расчета конструкции на длительную прочность решается с исходными граничными условиями. Если же задачу решать строго, то есть учитывать изменение формы конструкции после разрушения отдельных ее элементов, то необходимо будет каждый раз изменять ее геометрию и граничные условия так, чтобы вновь построенная математическая модель описывала напряженно-деформированное состояние не разрушенной части конструкции, что неизбежно вызовет значительные трудности. Предлагаемый подход позволяет обойти эти трудности, а возникающая при этом погрешность (в сравнении со строгим подходом) в рамках поставленной задачи будет несущественна.

Временем полного разрушения конструкции считается момент, при котором скорость перемещения фронта разрушения значительно (в 10 и более раз) возрастает, а также когда в отдельных, наиболее нагруженных точках конструкции накопятся значительные большие деформации, превышающие 5–6 %. Для плоских кольцевых пластин и тонких оболочек вращения дополнительно в качестве критерия полного разрушения будем принимать состояние, при котором предельное значение параметра повреждаемости достигается одновременно во всех точках хотя бы в одном поперечном сечении конструкции (это будет означать разрушение с разделением конструкции на две части).

Следует отметить, что одной из наиболее сложных проблем, возникающих при подготовке исходных данных для проведения расчетов на длительную прочность всех видов конструкций, является выбор предельного значения параметра повреждаемости. В исследованиях, опубликованных авторами ранее, проводились расчеты пластин и оболочек на длительную прочность, в которых предельное значение параметра повреждаемости материала ω_C^* принималось равным 0,99. В рамках континуальной теории поврежденности [4, 5] это будет означать, что начало процесса разрушения фиксируется при таком состоянии материала, при котором эффективная площадь поперечного сечения рассматриваемого элемента пластины, в котором достигнуто предельное состояние, уменьшилась в 100 раз и во столько же раз уменьшился модуль упругости. До наступления этого состояния считается, что материал продолжает нести нагрузку и выполняет возложенные на него функции. Однако, как показывают результаты многочисленных исследований и экспериментов, фактическое предельное значение параметра повреждаемости может оказаться значительно ниже. Так, в работе [10] были проведены эксперименты по определению модуля упругости материала при деформации разрушения для меди и некоторых сплавов на основе железа при комнатной температуре. Оказалось, что для ряда хрупких сплавов деформация разрушения достигается при параметре повреждаемости даже ниже 0,2, а для чистой меди – 0,85. Таким образом, разрушение материала конструкции может наступить при ухудшении его прочностных характеристик, в частности модуля упругости, всего на 20 %. Причем при высоких температурах, а также воздействии агрессивных сред предельное значение параметра повреждаемости, очевидно, может быть еще ниже [11].

Очевидно, что выбор предельного значения параметра повреждаемости будет оказывать существенное влияние на оценку времени до разрушения конструкции в целом. Так, например, при выполнении расчетов с учетом исследования стадии распространения разрушения с использованием значения параметра повреждаемости, близкого к единице, полученные результаты могут быть недостоверными, а оценка времени до разрушения может быть как завышенной, так и заниженной. Причина этого заключается в том, что во многих случаях разрушение конструкции наступает при значениях параметра повреждаемости значительно меньше единицы (в частности, это было показано в работах [7, 10]).

Таким образом, получить достоверные результаты оценки времени до разрушения конструкции при значении параметра повреждаемости, близкого к единице, можно только до момента локального разрушения. А при проведении расчетов реальных конструкций на прочность с учетом исследования стадии распространения разрушения предельное значение параметра повреждаемости, очевидно, следует принимать значительно ниже единицы. При этом к настоящему моменту авторам не удалось найти каких-либо конкретных рекомендаций по выбору предельного значения параметра повреждаемости для проведения таких расчетов [12]. Поэтому целью данной работы является исследование зависимости времени наступления предельного состояния (то есть локального или полного разрушения конструкции) от выбранного значения параметра повреждаемости.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследований были проведены расчеты равномерно нагретой до 500 °С однослойной кольцевой пластины с круглым отверстием, находящейся под давлением. Пластина имеет следующие геометрические размеры: $R = 110$ мм, $r = 65$ мм, $\delta = 10$ мм (рис. 2) и изготовлена из материала сталь 20. Давление осуществляется сверху и неизменно во времени, а внутренний и внешний кольцевые контуры пластины имеют шарнирно-неподвижное опирание.

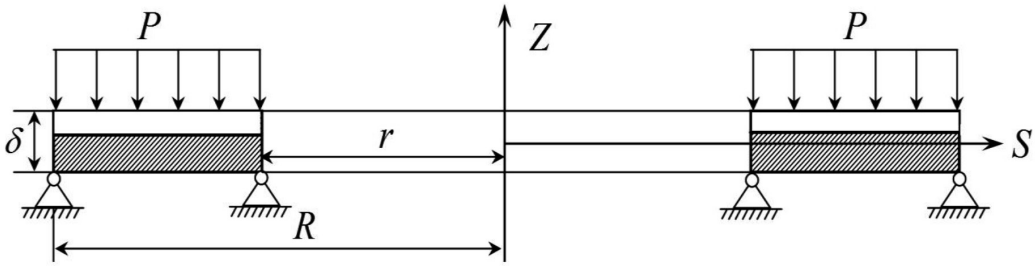


Рис. 2. Осевое сечение пластины

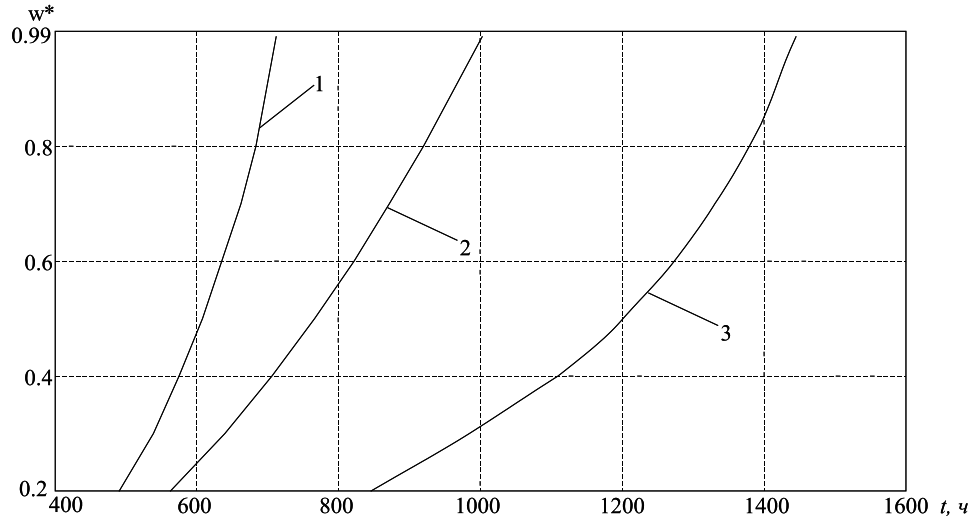


Рис. 3. Зависимость времени до начала процесса разрушения пластины от заданного значения параметра повреждаемости

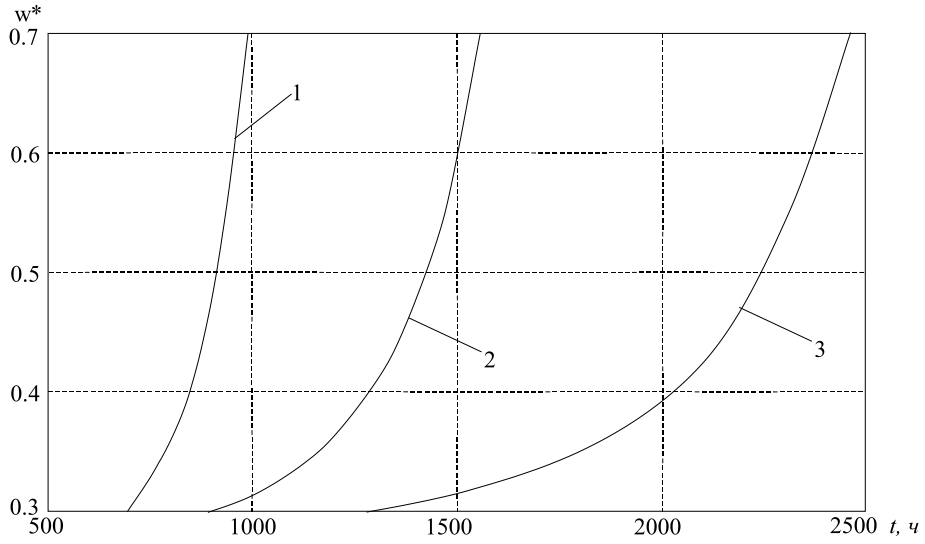


Рис. 4. Зависимость времени до полного разрушения пластины от заданного предельного значения параметра повреждаемости

В данной работе исследовалась зависимость расчетных значений длительной прочности пластины от задаваемых предельных значений параметра повреждаемости, а также динамика изменения параметра повреждаемости в наиболее нагруженных точках, как до начала процесса разрушения, так и с исследованием стадии распространения разрушения. Наиболее важные результаты приведены на рис. 3–4.

На рис. 3 показаны кривые, отражающие зависимость времени до начала процесса разрушения пластины от заданного значения параметра повреждаемости, для трех различных давлений; кривая 1 – P = 9,5 МПа, кривая 2 – P = 8,5 МПа, кривая 3 – P = 7,5 МПа.

На рис. 4 приведены кривые, показывающие зависимость времени до полного разрушения пластины от заданного предельного значения параметра повреждаемости, для тех же значений давления, что и на рис. 3.

Исходя из анализа полученных результатов, можно сделать вывод, что выбор предельного значения параметра повреждаемости влияет на оценку времени разрушения, пластины, причем это влияние особенно сильно проявляется при выполнении расчетов с учетом движения фронта разрушения. Эта зависимость имеет ярко выраженный нелинейный характер, и при наступлении некоторого состояния, определяемого сочетанием нескольких факторов (напряженно-деформированное состояние, распределение температурного поля, силовых нагрузок, наличие агрессивной среды и т.д.) значение параметра повреждаемости в определенных, наиболее нагруженных точках начинает стремительно увеличиваться и достигает своего предельного значения сравнительно быстро. При этом очевидно, что для достоверного выбора предельного значения параметра повреждаемости, для каждого рассматриваемого материала и условий нагружения, требуются экспериментальные исследования, подобные тем, которые представлены в работе [10]. А в отсутствие этих результатов целесообразно проводить численное моделирование напряженно-деформированного состояния конструкций и времени до начала разрушения как минимум при двух предельных значениях параметра повреждаемости – минимальном и максимальном. При этом очевидно, что при проведении расчетов конструкций на длительную прочность с учетом движения фронта разрушения максимальное значение параметра повреждаемости не должно выбираться близким к единице.

Выводы

Таким образом, авторами публикации было проведено исследование влияния предельного значения параметра повреждаемости на оценку времени до разрушения кольцевой пластины. В ходе исследований было установлено, что при неверном выборе этого значения полученные результаты времени до разрушения конструкции могут быть недостоверными, а оценка времени эксплуатации конструкции может быть как завышенной, так и заниженной. Поэтому при проведении расчетов любых конструкций на длительную прочность к выбору предельного значения параметра повреждаемости следует подходить особенно тщательно.

Список литературы

1. Белов А.В., Поливанов А.А. Исследование влияния вида напряженного состояния на длительную прочность плоских пластин в условиях температурной ползучести и высокотемпературной водородной коррозии // Фундаментальные исследования. 2015. № 7–3. С. 501–506.

2. Волчков Ю.М. Двухслойная модель оболочки Работнова и критическое время выпучивания оболочек при ползучести // Прикладная механика и техническая физика. 2010. Т. 51. № 4 (302). С. 198–206.

3. Моисеенко М.О., Попов О.Н., Русакова О.О., Трепутнева Т.А. К расчету подкрепленных пластин и оболочек с учетом ползучести // В сборнике: Наука и образование в жизни современного общества сборник научных трудов по материалам Международной научно-практической конференции: в 18 ч., 2013. С. 54–55.

4. Радаев Ю.Н. Континуальные модели поврежденности твердых тел: дис. ... докт. физ.-мат. наук. Самара, 1999. 381 с.

5. Волегов П.С., Грибов Д.С., Трусов П.В. Поврежденность и разрушение: классические континуальные теории // Физическая мезомеханика. 2015. Т. 18. № 4. С. 68–87.

6. Работнов Ю.Н. Ползучесть элементов конструкций. М.: Наука, 1966. 752 с.

7. Волегов П.С., Грибов Д.С., Трусов П.В. Поврежденность и разрушение: обзор экспериментальных работ // Физическая мезомеханика. 2015. Т. 18. № 3. С. 11–24.

8. Коврижных А.М., Серяков В.М., Коврижных С.А. Расчет необратимых деформаций и фронта разрушения на основе сдвиговой модели деформирования материала // Фундаментальные и прикладные вопросы горных наук. 2014. Т. 1. № 1. С. 135–140.

9. Коврижных А.М. Деформирование и разрушение материала в одномерных упругопластических задачах // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 2012. № 2. С. 93–101.

10. Леметр Ж. Континуальная модель повреждения, используемая для расчета разрушения пластических материалов // Теоретические основы. 1985. Т. 107. № 4. С. 90–98.

11. Локощенко А.М., Соколов А.В. Ползучесть и длительное разрушение цилиндрической оболочки под внешним давлением в присутствии агрессивной среды // Известия Российской академии наук. Механика твердого тела. 2014. № 1. С. 65–76.

12. Хохлов А.В. Критерий разрушения и кривые длительной прочности, порождаемые определяющим соотношением нелинейной теории наследственности Ю.Н. Работнова // Вестник машиностроения. 2017. № 6. С. 39–46.

УДК 629.01

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ УПРУГО-ПЛАСТИЧЕСКИХ ДЕФОРМАЦИЙ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ АВТОТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЕРТИЗЫ ДТП

Бессарабов Е.Н., Бессарабов А.Н., Гасанов Б.Г., Ефимов А.Д., Нефедов В.В.

ФГБОУ ВО «Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова», Новочеркасск, e-mail: bess.555en@ya.ru

Абсолютное большинство легковых автомобилей, продаваемых на территории России, оборудованы антиблокировочной тормозной системой (АБС). Поскольку транспортные средства (ТС) с АБС при экстренном торможении практически не оставляют следы юза, то общепринятые формулы не могут быть использованы для ответа на поставленные вопросы. Поэтому нужно совершенствовать или разработать новые методы проведения автотехнической экспертизы (АТЭ), используя законы механики, теорию эксплуатационных свойств автотранспортных средств (АТС), механики сплошной среды и теории пластичности. В статье представлены принципы и возможные направления применения положений теории деформации при проведении автотехнической экспертизы ДТП. Полученные математические выражения возможно использовать при определении скоростей и направления движения транспортных средств в момент столкновения. Предложены принципы составления математической модели ДТП, которую рекомендуется применять при проведении автотехнической экспертизы ДТП, в частности при наездах на неподвижное препятствие (стоящее ТС) и столкновениях. Обосновано, что для проведения АТЭ при столкновениях и наездах необходимо применять математическую модель, основанную на законах сохранения энергии и импульса; деформационной теории пластичности и динамики удара для определения тормозного пути с учетом дорожных условий; описывающую аналитические зависимости для оценки напряженно-деформированного состояния на основе методов конечных элементов.

Ключевые слова: автотехническая экспертиза, дорожно-транспортное происшествие, транспортное средство, метод конечных элементов, закон сохранения импульса и энергии

MATHEMATICAL MODEL OF ELASTIC-PLASTIC DEFORMATIONS OF VEHICLES FOR CARRYING OUT AUTOTECHNICAL EXPERTISE OF ROAD TRANSPORT ACCIDENTS

Bessarabov E.N., Bessarabov A.N., Gasanov B.G., Efimov A.D., Nefedov V.V.

Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI)», Novocherkassk, e-mail: bess.555en@ya.ru

The absolute majority of cars sold on the territory of Russia are the anti-lock braking system (ABS). If you do not have a guarantee order, then you can contact us by email. Therefore, it is necessary to improve or develop new methods of autotechnical examination (ATE), using the laws of mechanics, the theory of operational properties of vehicles (ATS), continuum mechanics and the theory of plasticity. The article presents the principles and possible directions of application of the relevant procedures when conducting an auto-technical examination of an accident. The resulting mathematical expressions can be used in determining the speeds and directions of movement of the means at the moment of collision. Proposals for the principles of creating a mathematical model of an accident, in accordance with the conduct of an autotechnical examination of an accident, in particular, when arriving at a fixed obstacle (standing vehicle) and collisions. It has been substantiated that in order to carry out ATE in collisions and on arrivals, it is necessary to apply a mathematical model based on the laws of conservation of energy and momentum; deformation theory of plasticity and dynamics of deletions to determine the stopping distance, taking into account road conditions; describing analytical dependencies for estimating the stress-strain state based on finite element methods.

Keywords: autotechnical examination, road traffic accident, vehicle, finite element method, law of conservation of momentum and energy

При проведении АТЭ ДТП следственные органы перед экспертами чаще всего ставят следующие вопросы [1]:

1. С какими скоростями двигались ТС в моменты возникновения опасной ситуации на дороге и столкновения (наезда)?

2. Имели ли водители техническую возможность предотвратить ДТП путем экстренного торможения или маневра?

3. Соответствовали (или не соответствовали) действия участников ДТП требованиям правил дорожного движения, и какие несоответствия послужили причиной ДТП?

Как известно [2], для ответа на указанные вопросы при АТЭ эксперты в основном определяют остановочный ($S_о$) и тормозной путь ($S_т$) по следующим формулам:

$$S_о = \frac{V_0}{3,6}(t_с + 0,5\,t_н) + \frac{V_0^2}{26\,j_{уст}};$$

$$S_т = AV_0 + \frac{V_0^2}{26\,j_{уст}}, \qquad (1)$$

где V_0 – начальная скорость автомобиля, км/ч; $t_с$, $t_н$ – время запаздывания тормозной системы и время нарастания замедления соответственно;

$t_{уст}$ – установившееся замедление;
A – коэффициент, характеризующий время срабатывания тормозной системы [3].

В формулах (1) начальная скорость неизвестна. В случае экстренного торможения из выражений (1) получают [4]:

$$V_0 = 0{,}5jt_з + \sqrt{2jS_ю}; \quad (2)$$

$$V_0 = 0{,}5jt_з + \sqrt{2jS_ю + V_{пс}^2}, \quad (3)$$

где j – замедление ТС за время нарастания тормозных сил до максимального значения ($t_з$);
$S_ю$ – длина пути юза;
$V_{пс}$ – скорость ТС в момент первого столкновения (наезда).

Анализ рынка сбыта в России за последние три года показывает, что абсолютное большинство легковых автомобилей, продаваемых на территории России, оборудованы АБС [5]. Поскольку ТС с АБС при экстренном торможении практически не оставляют следы юза, то формулы (2) и (3) не могут быть использованы для ответа на поставленные вопросы. Поэтому нужно совершенствовать или разработать новые методы проведения АТЭ, используя законы механики, теорию эксплуатационных свойств АТС, механики сплошной среды и теории пластичности.

Целью настоящей работы является обобщение математических моделей для экспертизы ДТП, позволяющих ответить на главные вопросы, возникающие при АТЭ.

Материалы и методы исследования

Изменение кинетической энергии (работа) ТС при ДТП по времени равно мощности результирующей силы (F) [6]. Например, при наезде на недеформируемое препятствие

$$\frac{dT}{dt} = \frac{\delta A}{dt} = F\frac{dh_{деф}}{dt} = Fj_з,$$

где $h_{деф}$ – глубина деформации ТС;
$t_з$ – интенсивность замедления ТС за период удара.

Все силы, действующие на ТС при ДТП, можно разделить на внешние и внутренние. Пренебрегая работой сил инерции контактирующих деталей ТС, допускаем, что работа внешних сил равна работе сил взаимодействия. К внутренним силам относятся потенциальные и диссипативные. Следовательно, при столкновениях ТС

$$dT = \delta A_{вз} = \delta A_{пот} + \delta A_{дис},$$

где

$$dT = d\left(\frac{m_1V_1^2}{2}\right) + d\left(\frac{m_2V_2^2}{2}\right) -$$

$$- d\left(\frac{m_1V'^2_1}{2}\right) - d\left(\frac{m_2V'_2}{2}\right);$$

V'_i – скорость ТС после столкновения (наезда).

Приращение работы потенциальных сил равно сумме приращения работы упругой и пластической деформации:

$$\delta A_{пот} = \delta A_{упр} + \delta A_{пл}.$$

К работе диссипативных сил можно отнести работу трения скольжения, тогда

$$\delta A_{дис} = \delta A_{тр} = F_{тр}dS_к = \mu_к P_к dS_к, \quad (4)$$

где $F_{тр}$, $\mu_К$ – сила и коэффициент контактного трения;
$dS_К$ – путь скольжения каждого элемента в зоне взаимодействия ТС;
$P_К$ – нормальное давление.

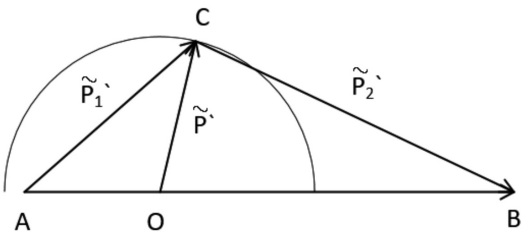
Все ДТП по механике деформации условно можно разделить на три типа: абсолютно упругие, абсолютно неупругие (идеально пластическое тело) и упруго-пластические. Это означает, что в первом случае пренебрегаем пластической (остаточной) деформацией ТС при ДТП. Во втором случае вся кинетическая энергия автомобиля при ДТП затрачивается на пластическую деформацию. Наиболее достоверен третий вариант, когда при ДТП работа деформации включает и пластическую, и упругую составляющие. Для аналитического описания лучше использовать законы сохранения импульса и энергии.

Неупругое столкновение (упругопластическое деформирование объектов взаимодействия при ДТП), в результате которого внутренняя энергия $\tilde{T}$ после столкновения одного или обоих ТС изменяется, и изменяется направление их движения (хотя бы одного).

Запишем импульс каждого ТС после столкновения [2]

$$\tilde{P}' = \sqrt{2M_{пр}\left(\tilde{T} + A_{пот}\right)}. \quad (5)$$

Для определения возможных направлений движения ТС после столкновения построим векторную диаграмму импульсов (рисунок) в системе отсчета Эйлера.



Векторная диаграмма импульсов в случае неупругого столкновения

Импульс ТС с массой m_1 $\boldsymbol{P}_1 = AB$ делят точкой О на две части, пропорциональные массам ТС $(AO : OB = m_1 : m_2)$. Из точки О проводим окружность радиусом $\boldsymbol{P}'_1$, определяемым по формуле (5). Эта окружность является геометрическим местом точек возможных положений вершины треугольника импульсов AB, стороны AC и CB которого равны импульсам соответствующих ТС после столкновения.

Покажем вариант оценки предельной скорости или кинетической энергии, при котором кинетическая энергия пойдет только на деформацию, т.е. увеличение внутренней энергии, и после столкновения объекты взаимодействия остаются на месте ДТП или

двигаются как одно целое. В системе отсчета Лагранжа это условие можно записать в следующем виде:

$$\tilde{T}_{\text{мин}} = A_{\text{пот}}.$$

Рассмотрим случай наезда на стоящее ТС, когда кинетическая энергия одного из ТС близка к нулю. Если после столкновения оба ТС не двигались, то их суммарный импульс равен импульсу $\boldsymbol{P}_1$ перед ДТП первого ТС, а кинетическая энергия системы

$$T_1 = \frac{P_1^2}{2(m_1+m_2)} = 0\,;\; T_1 = \delta A_{\text{д}}.$$

Если после ДТП оба ТС переместились на определенное расстояние вместе, то минимальная кинетическая энергия одного из них, достаточная для их движения, определяется по следующей формуле:

$$T_{1_{\text{мин}}} = \left|A_{\text{пот}}\right| + \frac{P_1^2}{2(m_1+m_2)} = R_1\frac{P_1^2}{2m_1};$$

или

$$T_{1_{\text{мин}}} = \frac{m_1+m_2}{m_2}\left|A_{\text{пот}}\right|. \qquad (6)$$

Поскольку

$$T_{1_{\text{мин}}} = \frac{m_1 V_{1\text{мин}}^2}{2}, \qquad (7)$$

то из формул (6) и (7) находим предельную скорость одного из ТС до столкновения, выше которой они могут двигаться как одно целое, или, наоборот, ниже которой они остаются на месте ДТП. Для этого определим $T_{1_{\text{мин}}}$ по следующей формуле:

$$T_{1_{\text{мин}}} = \sqrt{\frac{2(m_1+m_2)\left|A_{\text{пот}}\right|}{m_1 m_2}}. \qquad (8)$$

В формуле (8) $\left|A_{\text{пот}}\right|$ – это приращение внутренней энергии системы, т.е. энергии, затраченной на работу деформации ТС.

Рассмотрим методы определения работы деформации элементов кузова ТС при ДТП.

Приращение работы деформации конструкции ТС при ДТП можно определить, если известно их напряженно-деформированное состояние [7]:

$$dA_{\text{д}} = \sigma_{ij} d\varepsilon_{ij}^{\text{p}} + \sigma_{ij}\varepsilon_{ij}^{\text{y}},$$

где σ_{ij} – компоненты тензора напряжения;
$\varepsilon_{ij}^{\text{p}}$, $\varepsilon_{ij}^{\text{y}}$ – приращение пластической и упругой деформаций каждого отдельного элемента ТС в процессе ДТП.

Связь между напряжениями и деформацией для упругого тела установлена на основе законов Гука и Пуассона:

$$\sigma_{ij} - \sigma_{\text{ср}}\delta_{ij} = 2G(\varepsilon_{ij} - \varepsilon_{\text{ср}}\delta_{ij});$$

$$\varepsilon_{ij}^{\text{y}} = \frac{1}{2G}\left(d\delta_{ij} - \frac{3\nu}{1+\nu}\delta_{ij} d\sigma_{\text{ср}}\right), \qquad (9)$$

где $\sigma_{\text{ср}}$, $\varepsilon_{\text{ср}}$ – компоненты шаровых тензоров ($\sigma_{\text{ср}} = \frac{1}{3}(\sigma_{11}+\sigma_{22}+\sigma_{33})$; $\varepsilon_{\text{ср}} = \frac{1}{3}(\varepsilon_{11}+\varepsilon_{22}+\varepsilon_{33})$);

δ_{ij} – символ Кронекера.

В частности, из выражения (9) следует, что

$$\varepsilon_{11} = \frac{1}{E}\left[\sigma_{11} - \nu(\sigma_{22}+\sigma_{33})\right];\; \varepsilon_{12} = \gamma_{12} = \frac{\sigma_{12}}{G},$$

где E – модуль Юнга;
ν – коэффициент Пуассона;
G – модуль сдвига ($G = E/2(1+\nu)$).

Для малых упругих деформаций [6]

$$\varepsilon_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{dU_i}{d_{xj}} + \frac{dU_j}{d_{xi}}\right),$$

где dU_i и dU_j – приращение вектора перемещения выделенного элемента (например, прямоугольника на поверхности деформированной детали кузова).

Рассмотрим методы определения приращения работы пластической деформации деталей кузова (кабины) и других конструкций ТС.

Согласно деформационной теории пластичности [7] приращение работы пластической деформации пропорционально приращению (изменению) объема материала и изменения формы изделия:

$$dA_{\text{p}} = \sigma_{ij} d\varepsilon_{ij} = \sigma_{\text{ср}} d\theta + \text{E} = \text{T}d\Gamma,$$

где T – девиатор напряжения (интенсивность касательных напряжений);
Г – интенсивность деформации сдвига.

Если при ДТП не образовались трещины и разрывы, то изменением объема при пластической деформации (в результате увеличения плотности дефектов) $d\theta$ можно пренебречь. Тогда

$$dA_{\text{p}} = \text{T}d\Gamma. \qquad (10)$$

Если известны компоненты тензора деформации ε_{ij}, то Г определяют по следующей формуле:

$$\Gamma = \sqrt{\frac{2}{3}}\sqrt{(\varepsilon_{11}-\varepsilon_{22})^2 + (\varepsilon_{22}-\varepsilon_{33})^2 + (\varepsilon_{33}-\varepsilon_{11})^2 + \frac{2}{3}\left(\varepsilon_{12}^2+\varepsilon_{13}^2+\varepsilon_{23}^2\right)}. \qquad (11)$$

Интегрированием формулы (10) работу пластической деформации не можем определить, так как T зависит от Г. Следовательно, нужно использовать дополнительные условия или различные теории пластичности. В частности, если девиатор напряжений $\text{T} = \tau_s$, $\tau_{\text{s}} = \frac{\delta_s}{\sqrt{3}}$ равен пределу текучести материала (стали, алюминиевых сплавов), то вместо выражения (10) можно использовать формулу Генке [7]:

$$\varepsilon_{ij} = \frac{\Gamma}{2\tau_{\text{s}}} S_{ij}, \qquad (12)$$

где S_{ij} – компоненты тензора девиатора напряжений, характеризующие изменение формы (конфигурации) рассматриваемого элемента детали,

$$S_{ij} = \sigma_{ij} - \sigma_{\text{ср}}\delta_{ij}.$$

Нужно отметить, что выражение (12) не взаимно однозначно, т.е. если известны значения ε_{ij}, то можно найти значения S_{ij}, так как по формуле (11) определяется и девиатор деформации. Если заданы S_{ij}, то невозможно найти ε_{ij}, поскольку неизвестен девиатор деформации Г.

В необратимых процессах деформации ТС при ДТП очень сложно оценить деформированное состояние, еще сложнее определить напряженное состояние, соответственно, и работу деформации. В теории обработки давлением установлено, что девиатор напряжений пропорционален девиатору скоростей деформации.

Компоненты тензора скоростей деформации η_{ij} определяются дифференцированием $d\varepsilon_{ij}$:

$$\eta_{ij} = \frac{d\varepsilon_{ij}}{dt}.$$

Тогда имеем

$$\eta_{ij} = \frac{1}{2}\left(\frac{dV_i}{d_{xj}} + \frac{dV_j}{d_{xi}}\right),$$

где dV_i и dV_j – приращение скоростей сдвига за кульминационный период ДТП отдельного геометрического элемента детали ТС.

В этом случае уравнение теории течения для развитой пластической деформации (уравнение Сен-Венана – Мизеса) имеет следующий вид [7]:

$$\frac{\eta_{ij}}{H} = \frac{S_{ij}}{2\tau_s}, \qquad (13)$$

где H – характеризует интенсивность скорости деформации сдвига

$$H = \eta_{ij} - \delta_{ij}\eta_{ср};\ \eta_{ср} = \frac{1}{3}(\eta_{11} + \eta_{22} + \eta_{33}).$$

Результаты исследования и их обсуждение

Для определения S_{ij} по формулам (12) и (13) эксперту следует последовательно описывать процесс геометрической деформации элементов автомобиля при ДТП до получения конечной картины в этой зоне. Для этого, как правило, применяют различные математические методы, наиболее известным из которых является метод конечных элементов (МКЭ) [8, 9]. Так, при исследовании ДТП поверхность транспортного средства можно представить как сочетание прямоугольников или треугольников. В подвижной системе координат изменение положения каждого узла можно задать как dU_{xy} и dU_{yx} или как dV_{xy} и dV_{yx}. Соответственно:

$$\varepsilon_{xx} = \frac{dU_x}{d_x};\ \varepsilon_{yy} = \frac{dU_y}{d_y};\ \varepsilon_{yx} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial U_x}{\partial_y} + \frac{\partial U_y}{\partial_x}\right),$$

или

$$\eta_{xx} = \frac{dV_x}{d_x};\ \eta_{yy} = \frac{dV_y}{d_y};\ \eta_{yx} = \frac{1}{2}\left(\frac{\partial V_x}{\partial_y} + \frac{\partial V_y}{\partial_x}\right).$$

При наличии скользящего удара нужно иметь в виду, что в формуле (4) коэффициент контактного трения скольжения не будет соответствовать коэффициенту трения скольжения в кинематических парах. Допускается изменение его значения в пределах от 0,2–0,5, в зависимости от ряда внешних факторов [7]. Контактное давление ($P_К$) при этом определяется напряженным состоянием в зоне деформации и площадью контакта поверхностей.

Выводы

1. Обосновано, что для проведения АТЭ при столкновениях и наездах необходимо применять математическую модель, основанную на законах сохранения энергии и импульса; деформационной теории пластичности и динамики удара для определения тормозного пути с учетом дорожных условий; описывающая аналитические зависимости для оценки напряженно-деформированного состояния на основе методов конечных элементов.

2. Эксперт, которому поручено провести АТЭ, обязан принять во внимание все введенные идеализации и допущения, а также оценить степень значимости всех факторов, влияющих на результаты экспертизы.

Список литературы

1. Пучкин В.А. Основы экспертного анализа дорожно-транспортных происшествий: База данных. Экспертная техника. Методы решений. Ростов н/Д.: ИПО ПИ ЮФУ, 2010. 400 с.

2. Лозовой В.И., Тамадаев В.Г., Ефимов А.Д. Расследование и экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учеб. пособие. Новочеркасск: Изд-во ЮРГПУ (НПИ), 2015. 298 с.

3. Балакин В.Д. Экспертиза дорожно-транспортных происшествий: учебное пособие. Омск: Изд-во СибАДИ, 2010. 136 с.

4. ГОСТ Р 51709-2001. Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки (ред. от 28.03.2006). М.: ИУС «Национальные стандарты», 2007. 21 с.

5. АВТОСТАТ ИНФО [Электронный ресурс]. URL: http://avtostat-info.com/ (дата обращения: 17.11.2018).

6. Ландау Л.Д. Лифшиц Е.М. Теоретическая физика: учеб. пособие., В 10 т. Т. I. Механика. 7-е изд., испр., М.: ФИЗМАТЛИТ, 2017. 224 с.

7. Гун Г.Я. Теоретические основы обработки металлов давлением. (Теория пластичности): учебник для вузов. М.: «Металлургия», 1980. 456 с.

8. Новописный Е.А., Шутов А.И. Анализ напряженно-деформированного состояния бампера автомобиля методом конечных элементов // Бюллетень транспортной информации. 2011. № 12. С. 20–23.

9. Кабельков В.А., Кабельков А.Н., Нефедов В.В., Калинин П.В. Исследование автоколебаний, возникающих при динамическом контакте деформируемых тел // Изв. вузов. Сев.-Кавк. регион. Техн. науки. 2012. № 2. С. 32–35.

УДК 629.73:533.6:536.46

МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕНЕРАТОРОВ ВИХРЕЙ ВХОДНЫХ УСТРОЙСТВ СВЕРХЗВУКОВЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

Гусев С.В., Захаров Н.Н., Бошенятов Б.В.

Институт прикладной механики Российской академии наук, Москва, e-mail: svgusev@ciam.ru

В статье представлены результаты моделирования влияния генераторов вихрей на характеристики сверхзвукового входного устройства воздушно-реактивного двигателя. Применение генераторов вихрей с целью увеличения границ автозапуска сверхзвуковых входных устройств в опубликованных ранее работах не рассматривалось. В данной работе изложен численный метод выявления подходящих геометрических размеров генераторов вихрей для конкретных условий сверхзвукового пограничного слоя. Выбор подходящей формы генераторов вихрей осуществляется по итогам осреднения параметров потока на виртуальной поверхности, созданной в расчетной области сетки, пересекающей пограничный слой. На базе полученной геометрической формы проведены численные исследования влияния генераторов вихрей на работу воздухозаборного устройства. Расчеты воздухозаборного устройства проводились для условий сверхзвуковой импульсной аэродинамической трубы ИПРИМ РАН с профилированным соплом, рассчитанным на число Маха M = 3. Максимальное число Рейнольдса, определенное по длине 1 м, составляло $Re \approx 4 \cdot 10^8$. В качестве расчетного объекта использовалось односкачковое сверхзвуковое входное устройство с изменяемой площадью горла и сменными вставками на пластине, формирующей пограничный слой. Расчеты проводились со вторым порядком точности дискретизации осредненных уравнений Навье – Стокса (RANS), замкнутых с помощью модели турбулетности (Transition SST). По итогам численных экспериментов получен положительный результат, указывающий на увеличение границ автозапуска воздухозаборника.

Ключевые слава: генераторы вихрей, автозапуск, пограничный слой, входное устройство (воздухозаборник), сверхзвуковой поток, математическая модель

MODELING OF THE GENERATORS OF THE VORTEXES OF THE INPUT DEVICES OF SUPER SINGLE AIRCRAFT

Gusev S.V., Zakharov N.N., Boshenyatov B.V.

Institute of Applied Mechanics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, e-mail: svgusev@ciam.ru

The article presents the results of modeling the effect of vortex generators on the characteristics of a supersonic inlet device of an air-jet engine. The use of vortex generators to increase the autorun boundaries of supersonic input devices has not been considered in previously published papers. This paper presents a numerical method for identifying suitable geometrical dimensions of vortex generators for specific conditions of a supersonic boundary layer. The choice of the appropriate form of vortex generators is carried out according to the results of averaging the flow parameters on a virtual surface created in the computational domain of the grid crossing the boundary layer. On the basis of the obtained geometric shape, numerical studies of the effect of vortex generators on the operation of the air intake device have been carried out. Calculations of the air intake device were carried out for the conditions of a supersonic pulsed wind tunnel IPRIM RAS with a profiled nozzle, calculated on the Mach number M=3. The maximum Reynolds number, determined by the length of 1 m, was $Re \approx 4 \cdot 10^8$. As a computational object, a single-jumper supersonic input device with a variable throat area and interchangeable inserts on a plate forming the boundary layer was used. The calculations were carried out with the second order of discretization accuracy of the averaged Navier-Stokes equations (RANS), closed using the Turbulence model (Transition SST). According to the results of numerical experiments, a positive result was obtained, indicating an increase in the boundaries of the air intake.

Keywords: vortex generators, autostart, boundary layer, input device (air intake), supersonic flow, mathematical model

В последнее время исследования в области гиперзвуковой авиации представляют огромный интерес. Возможность создавать гиперзвуковые самолеты, позволяющие за короткое время проходить огромные расстояния, становится все более привлекательной для человечества. Наиболее сложные проблемы на пути создания таких самолетов связаны с разработкой двигательной установки, в том числе и проблемы, связанные с особенностями работы сверхзвуковых входных устройств – воздухозаборников. В частности, возникает вопрос – как обеспечить автоматический запуск сверхзвукового входного устройства при выходе двигательной системы на рабочий режим на начальном участке полета или при различного рода срывах работы двигательной системы. Для решения подобного рода проблем существуют различные методы управления входным потоком: применение систем перепуска воздуха из воздухозаборного устройства [1], применение различных систем управления пограничным слоем [2–4] или использование изменяемой в полете формы входного устройства. Однако данные способы (кроме [4]) требуют или дополнительного объема на борту летательного аппарата, или сложной механизации, позволяющей изменять в полете геометрию

входного устройства. Применение этих методов приводит к уменьшению объема и веса полезного груза или других систем летательного аппарата.

Альтернативным решением данной проблемы может стать использование управления пограничным слоем с помощью генераторов вихрей. Они влияют исключительно на пограничный слой, не требуя сложных конструктивных изменений в существующей конструкции летательного аппарата. Сами генераторы вихрей представляют собой компактные устройства различной формы, не превышающие высоту пограничного слоя $h < \delta$, располагаемые на поверхности, формирующей пограничный слой. Эти устройства за счёт своей геометрии генерируют в набегающий поток вихревые структуры, которые перемешивают высокоимпульсные верхние слои пограничного слоя с низкоимпульсными нижними слоями, увеличивая способность пограничного слоя противостоять отрыву. Однако использование таких генераторов вихрей требует точного подбора их формы и размеров под конкретные условия набегающего потока и параметры пограничного слоя. Эта проблема зачастую и становится основной причиной отказа от таких устройств в пользу более сложных с точки зрения конструкции решений.

Применение генераторов вихрей с целью увеличения границ автозапуска сверхзвуковых воздухозаборных устройств в опубликованных ранее работах не рассматривалось. Так, например, в работах [5–7] авторы проводили численное моделирование входных устройств, рассчитанных на число Маха, равное 1.3, имеющих прямой скачок на входе. На их поверхности рассматривались генераторы вихрей одинарных и парных конфигураций в виде тетраэдров с различной длиной и углом раскрытия, имеющих высоты $h = 0{,}23\delta$; $0{,}34\delta$; $0{,}52\delta$. В ходе исследования было установлено, что все генераторы показали удовлетворительные результаты с точки зрения влияния на отрывную область. Однако вариант парных генераторов вихрей, имеющих высоту, равную половине пограничного слоя ($h = 0{,}52\delta$), создаёт более интенсивный вихревой след и по этой причине более эффективно воздействует на область отрыва. Размеры генераторов играют немаловажную роль в формировании следа, влияющего на трехмерный отрыв.

Работы [8–10] интересны тем, что в них описаны различные формы генераторов вихрей для осесимметричного входного устройства с изоэнтропической поверхностью сжатия. Хотя в перечисленных работах вопрос влияния генераторов вихрей на запуск входного устройства не рассматривался, однако в них приведены достаточно интересные результаты влияния генераторов вихрей на отрывную область и общие характеристики входного устройства. Рабочий режим такого устройства имел предел работы от числа Маха 1,4 до 1,8 [11]. Основная задача применения генераторов вихрей заключалась в снижении потерь расхода воздуха, вызванных появлением отрывной области на входе и повышении коэффициента полного давления. Численные и экспериментальные данные показали, что применение генераторов вихрей улучшает параметры входного устройства, причем во всех работах отмечается преимущественно улучшение при применении парных генераторов.

Основная цель данной работы состоит в исследовании вопроса о возможности использования генераторов вихрей с целью расширения режимов полета с автозапуском сверхзвукового воздухозаборного устройства. Под режимом автозапуска будем понимать предельное отношение площади горла к площади входа воздухозаборного устройства на конкретном режиме полета, при котором еще возможен самозапуск воздухозаборника. Для выполнения этой задачи необходимо было выбрать оптимальную форму и размеры генераторов вихрей, предназначенных для воздействия на пограничный слой, а также разработать методику оценки их эффективности.

Материалы и методы исследования

Выбор подходящей формы генераторов вихрей производился на основе численного моделирования. Расчетная область представляла собой пластину с заостренной кромкой, расположенной параллельно направлению потока. Ширина расчётной области составляет 20 мм, в направлении оси z ограничена симметриями, создавая эффект бесконечной пластины. На расстоянии 105 мм от кромки модели располагается вершина генераторов вихрей, имеющих форму тетраэдра, у которого одна из граней расположена перпендикулярно поверхности пластины. За генераторами вихрей на расстоянии 120 мм от передней кромки пластины (предполагаемое место начала отрыва в области сверхзвукового потока в воздухозаборнике) перпендикулярно набегающему потоку располагается виртуальная проницаемая поверхность, на которой, с целью оценки влияния генераторов вихрей на характеристики пограничного слоя, рассчитываются параметры потока. Виртуальная поверхность вплотную прилегает к пластине и заканчивается на высоте 9,75 мм (рис. 1). В качестве толщины пограничного слоя выбирается высота $y = \delta$, на которой скорость потока в пограничном слое составляет 99 % от скорости набегающего потока $v_x = 0{,}99v_\infty$. В нашем конкретном случае толщина вытеснения пограничного слоя в месте расположения генераторов вихрей равна $\delta \approx 2$ мм.

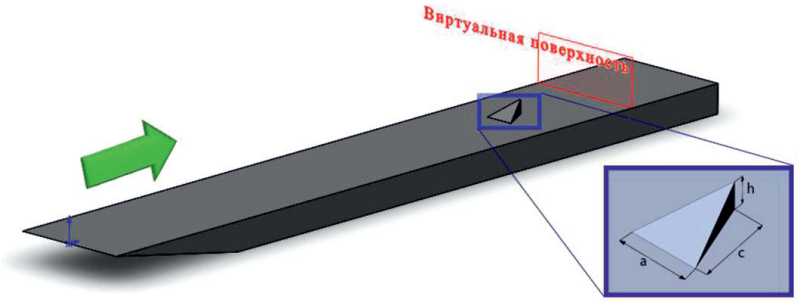


Рис. 1. Эскизное представление расчетной области с геометрией генератора вихрей

Все расчеты, представленные в работе, проведены при одинаковых условиях набегающего потока: число Маха равно 3, температура торможения набегающего потока 300 К и полное давление составляет $5 \cdot 10^6$ Н/м^2.

Расчеты проводилась со вторым порядком точности дискретизации осредненных уравнений Навье – Стокса (RANS), замкнутых с помощью модели турбулетности (Transition SST). Пристеночные ячейки имели высоту, позволяющую разрешить вязкий подслой (Y+ < 1). Габаритные линейные параметры генераторов вихрей имели три основных размера: ширина (*a*), длина (*c*), высота (*h*). Соответственно, для каждого из параметров варьирование проходило в интервалах: a = 2,5; 5; 7,5; 10 и 12,5 мм; c = 2,5; 5, 7,5; 10 и 12,5 мм; *h* = 0,25; 0,5; 1; 1,5 и 2,3 мм.

Влияние формы генераторов вихрей на характеристики пограничного слоя в месте предполагаемого отрыва определялось по параметрам потока, проходящего через виртуальную поверхность. Известно, что способность пограничного слоя без отрыва выдерживать положительные градиенты давления [12] определяется величиной так называемого формпараметра *H* [13], характеризующего степень наполненности профиля скорости пограничного слоя:

$$H = \frac{\delta^*}{\theta}, \qquad (1)$$

где $\delta^* = \frac{F_S}{l_z}\left(1 - \frac{G_S}{\rho_\infty V_\infty F_S}\right)$ – толщина вытеснения, $\theta = \frac{F_S}{l_z}\left(\frac{G_S V_\infty - \rho_\delta V_\delta}{\rho_\infty V_\infty}\right)$ – толщина потери импульса, F_S – площадь виртуальной поверхности; G_s – расход воздуха, проходящего через виртуальную поверхность; l_z – длина виртуальной поверхности по оси *z*, ρ_∞ – плотность ядра потока, V_∞ – скорость в ядре потока, ρ_δ – средняя плотность в сечении с учетом пограничного слоя, V_δ – средняя скорость в сечении с учетом пограничного слоя.

Поскольку автозапуск воздухозаборника характеризуется минимальным отношением площади горла воздухозаборника к площади сечения, которая захватывается воздухозаборником из невозмущенной струи воздушного потока, то вторым критериальным параметром мы выбрали коэффициент вытеснения (φ), характеризующий оттеснение потока от поверхности стенки вследствие ввода в поток генераторов вихрей, которые расположены непосредственно на поверхности стенки:

$$\varphi = \frac{G - G_g}{G}, \qquad (2)$$

где G_g – расход в сечении виртуальной поверхности с использованием системы управления пограничным слоем путем установки генераторов вихрей; *G* – расход в сечении без использования системы управления пограничным слоем.

Предварительная обработка численных расчётов обтекания генераторов вихрей с различными геометрическими размерами показала, что наибольшей эффективностью воздействия на пограничный слой и область отрыва потока обладают генераторы вихрей, которые обеспечивают минимальные значения формпараметра *H* и коэффициента вытеснения φ. Установка генераторов вихрей с различными геометрическими размерами может по-разному влиять на выбранные нами критерии оптимизации, рассчитанные в виртуальной плоскости для заданных условий набегающего потока. Например, может повысить один из критериев (*H* или φ), сильно снизив другой. Поэтому для выбора оптимальных размеров генераторов вихрей с целью расширения режимов полета с автозапуском воздухозаборника мы будем использовать в качестве итогового критерия оптимизации значение произведения формпараметра *H* и коэффициента вытеснения φ.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты численного моделирования сведены в трехмерные графики. Так, график коэффициента вытеснения потока, представленный на рис. 2, а, показывает, что наименьшее значение достигается при использовании генераторов вихрей со следующими геометрическими размерами: a = 10 мм, c = 2,5 мм, *h* = 0,5 мм. Наименьшее значение формпараметра (рис. 2, б) оказалось у геометрии: a = 12,5 мм, c = 2,5 мм, *h* = 0,5 мм. Однако произведение коэффициента вытеснения и формпараметра показало, что геометрия, a = 12.5 мм, c = 2,5 мм, *h* = 1 мм будет иметь наиболее подходящий для данных условий результат. Аналогично, самые худшие результаты по параметрам *H* и φ показали генераторы вихрей, имеющие наибольшее загромождение пограничного слоя.

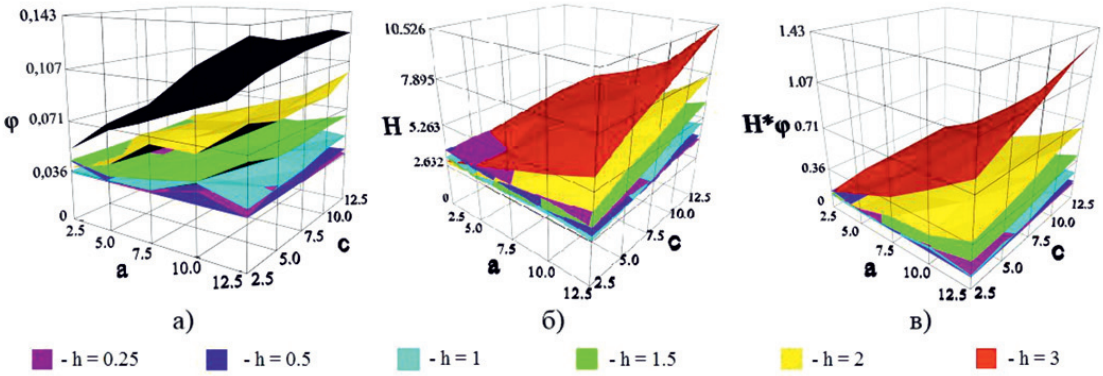


Рис. 2. Сводные трехмерные графики критериальных параметров на виртуальной поверхности: а) сводный график коэффициента вытеснения потока; б) сводный график формпараметра; в) сводный график произведения коэффициента вытеснения и формпараметра

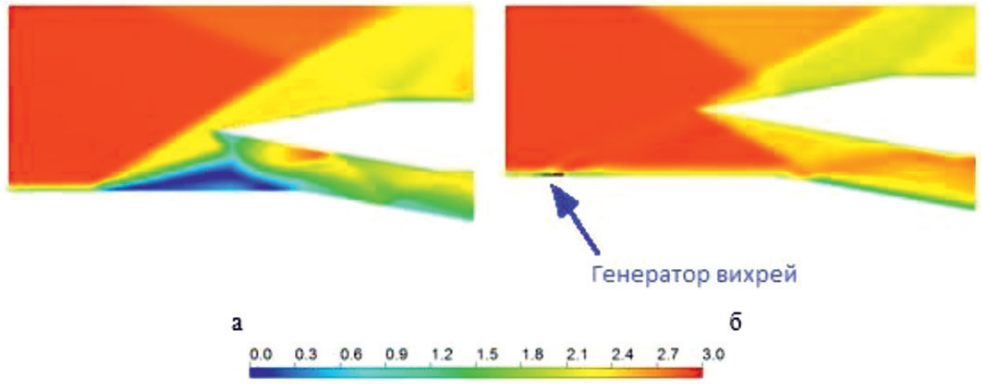


Рис. 3. Сравнение полей числа Маха для случаев: а) без генераторов вихрей, б) с генераторами вихрей

И хотя представленный нами метод численного моделирования влияния генераторов вихрей на характеристики пограничного слоя достаточно трудоемок с точки зрения вычислительных ресурсов и способа реализации на программных пакетах, однако он наглядно демонстрирует возможности оптимизации формы и размеров генераторов вихрей при их использовании для управления пограничным слоем с целью расширения режимов автозапуска воздухозаборников воздушно-реактивных двигателей летательных аппаратов. Для получения более точной формы генераторов вихрей, оптимально подходящей для данного пограничного слоя, требуется уменьшить шаг вариаций геометрических параметров генераторов вихрей или итерационно рассматривать самые перспективные участки трехмерного поля геометрических размеров генераторов вихрей.

Задачей работы было не только подобрать форму генераторов вихрей, но и посмотреть влияние данного устройства на границы автозапуска маломасштабного сверхзвукового входа.

Эти расчеты также проводились для условий сверхзвуковой импульсной аэродинамической трубы ИПРИМ РАН с профилированным соплом, рассчитанным на число Маха M = 3. Максимальное число Рейнольдса, определенное по длине 1 м, составляет $Re \approx 4 \cdot 10^8$.

Численное моделирование показало, что при установке площади горла модели в критическое положение, увеличение площади позволяет автоматически запуститься, а уменьшение площади создает отрыв потока перед входом в тракт модели. В этом критическом режиме работы воздухозаборника скачок уплотнения, отражённый от обечайки, вызывает отрыв пограничного слоя на поверхности пластины с неустановленными генераторами вихрей (рис. 3, а). А использование генераторов вихрей приводит к устранению отрыва в окрестности входа воздухозаборника и позволяет получить

картину подобно режиму с увеличенным горлом (рис. 3, б).

Выводы

В ходе работы было установлено положительное влияние применения генераторов вихрей на работу сверхзвуковых воздухозаборников с целью расширения рабочих режимов автозапуска. Был предложен способ оптимизации геометрической формы и размеров генераторов вихрей на основе численного моделирования с использованием усредненных уравнений Навье – Стокса (RANS), замкнутых с помощью модели турбулетности (Transition SST). На конкретном примере генератора вихрей, имеющего форму тетраэдра, показано, что предложенный способ оптимизации размеров позволяет увеличить способность пограничного слоя без отрыва противостоять неблагоприятным градиентам давления.

Работа выполнена в рамках гос. задания, рег. № АААА-А17-117032010143-1.

Список литературы

1. Fukuda M.K., Hingstt W.R., Reshotko E. Bleed Effects on Shock/Boundary-Layer Interactions in Supersonic Mixed Compression Inlets. Journal of Aircraft. 1977. vol. 14. no. 2. P. 151–156. DOI: 10.2514/3.58756.

2. Огородников Д.А. Управление пограничным слоем путем отсоса или слива // Пограничный слой и теплообмен / Под ред. Н.М. Белянина. М.: Труды ЦИАМ № 507, 1971. С. 42–56.

3. Гринь В.Т., Захаров Н.Н. Экспериментальное исследование влияния тангенциального вдува и охлаждения стенки на течение с отрывом потока // Изв. АН СССР. МЖГ. 1971. № 6. С. 143–147.

4. Климов А.А., Трдатьян С.А. Использование сотовой поверхности для управления пограничным слоем // ТВТ. 2003. Т. 41. Вып. 6. С. 901–906.

5. Lee S., Loth E., Babinsky H. Normal shock boundary layer control with various vortex generator geometries. Computer & Fluids. 2011. Vol. 49. No. 1. P. 233–246. DOI: 10.1016/j.compfluid.2011.06.003.

6. Lee S., Loth E. Impact of ramped vanes on normal shock boundary-layer interaction. AIAA Journal. 2012. Vol. 50. No. 10. P. 2069–2079. DOI: 10.2514/1.J051253.

7. Szwaba R., Doerffer P. Shock Wave Boundary Layer Interaction Control by Rod Vortex Generators. In 30th International Symposium on Shock Waves 2. Springer, Cham 2017. P. 1135–1139. DOI: 10.1007/978-3-319-44866-4_60.

8. Gillen T., Rybalko M., Loth E. Vortex generators for diffuser of axisymmetric supersonic inlets. In 5th Flow Control Conference, Fluid Dynamics and Co-located Conferences AIAA. 2010. № 4253. 18 p. DOI: 10.2514/6.2010-4253.

9. Gillen T., Loth E. Vortex generators for an axisymmetric dual-stream supersonic inlet. In 29th AIAA Applied Aerodynamics Conference. AIAA. 2011. № 5567. 26 p. DOI: 10.2514/6.2011-5567.

10. Rybalko M., Loth E., Chima R.V., Hirt S.M., DeBonis J.R. Micro-ramps for external compression low-boom inlets. AIAA. 2009. № 4206. 27 p. DOI: 10.2514/6.2009-4206.

11. Rybalko M., Loth E. Vortex generators for a single-stream low-boom inlet. AIAA. 2011. № 3802. 18 p. DOI: 10.2514/6.2011-3802.

12. Вигдорович И.И. Критерий отрыва автомодельного турбулентного пограничного слоя // ДАН. 2014. Т.457. № 4. С. 411–414. DOI: 10.7868/S0869565214220125.

13. Сорокин В.А., Яновский Л.С., Ягодников Д.А., Францкевич В.П., Суриков Е.В., Разносчиков В.В., Захаров Н.Н., Тихомиров М.А., Шаров М.С.Проектирование и отработка ракетных-прямоточных двигателей на твердом топливе: учебное пособие / Под общ. ред. В.А. Сорокина. М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 320 с.

УДК 681.5.01

СИНТЕЗ АЛГОРИТМОВ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ГАЗОПЕРЕКАЧИВАЮЩИМ АГРЕГАТОМ С УЧЕТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ТРЕБУЕМОГО КАЧЕСТВА

Ильясов Б.Г., Саитова Г.А., Халикова Е.А.

ФГОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, e-mail: khalikova_elena@mail.ru

В статье рассматривается решение задачи проектирования системы автоматического управления (САУ) газоперекачивающим агрегатом (ГПА) с заданными показателями качества. Основную сложность представляет наличие внутренних нелинейных связей и взаимозависимость подсистем в агрегате. В зависимости от функционального назначения и режима функционирования ГПА требования к каждой подсистеме могут отличаться. Для рассматриваемого режима синтез параметров регулятора проводится отдельно, а в дальнейшем разработанные регуляторы агрегируются в единый логический регулятор. При решении поставленной задачи используется описание сложной системы через характеристики подсистем и многомерные элементы связи между ними. В качестве индивидуальной характеристики отдельной подсистемы рассматривается ее передаточная функция в режиме управления, когда подсистема функционирует в изолированном от других подсистем состоянии. Построенные математические модели ГПА являются сложными для анализа и синтеза, в связи с этим при проектировании используются методы интеллектуального анализа данных. Синтез регулятора ГПА с заданными показателями качества проводится с использованием нейро-нечеткого моделирования, на основе которого формируются системы нечеткого вывода. Эффективность использования описанного алгоритма синтеза ГПА демонстрируется на конкретном примере.

Ключевые слова: газоперекачивающий агрегат, система управления, логический регулятор, нейро-нечеткое моделирование, показатели качества управления

THE SYNTHESIS OF ALGORITHMS FOR INTELLIGENT CONTROL OF GAS-COMPRESSOR UNIT TO ENSURE THE REQUIRED QUALITY

Ilyasov B.G., Saitova G.A., Khalikova E.A.

Federal State Educational Institution of Higher Education Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: khalikova_elena@mail.ru

The article considers the solution of the problem of designing the automatic control system of gas pumping unit (CGU) with the given quality indicators. The main difficulty is the presence of internal nonlinear relationships and interdependence of subsystems in the unit. Depending on the functional purpose and mode of operation of the CGU requirements for each subsystem may vary. For the considered mode, the synthesis of the controller parameters is carried out separately, and further developed controllers are aggregated into a single logical controller. In solving this problem, the description of a complex system through the characteristics of subsystems and multidimensional elements of communication between them is used. As an individual characteristic of a separate subsystem, its transfer function is considered in the control mode, when the subsystem operates in an isolated condition from other subsystems. The constructed mathematical models of CGU are complex for analysis and synthesis, in this regard, the design uses data mining methods. Synthesis of the CGU controller with the specified quality indicators is carried out using neuro-fuzzy modeling, on the basis of which the fuzzy inference systems are formed. The efficiency of the described CGU synthesis algorithm is demonstrated by a specific example.

Keywords: gas pumping unit, logic controller, control system, neuro-fuzzy modeling, control quality indicators

При проектировании системы автоматического управления после решения задачи обеспечения устойчивости возникает проблема обеспечения требуемых показателей качества переходных процессов: перерегулирования, времени регулирования и других. Зачастую эти требования являются противоречивыми, что связано в первую очередь с особенностями функционирования систем. Например, при уменьшении перерегулирования происходит увеличение времени регулирования и наоборот; таким образом, две эти величины имеют обратную зависимость. Представить указанную зависимость для сложных систем в математическом виде невозможно, что объясняется особенностями каждого класса систем и входящих в систему подсистем, однако для решения задачи синтеза необходимо определить такие параметры, чтобы система удовлетворяла заданным требованиям.

Целью исследования является решение задачи проектирования САУ ГПА с заданными показателями качества на всех рассматриваемых режимах функционирования.

Для описания системы используются методы теории управления, а именно частотные методы. Одним из инструментов решения поставленной задачи является нейро-нечеткое моделирование на основе которого генерируются системы нечеткого вывода.

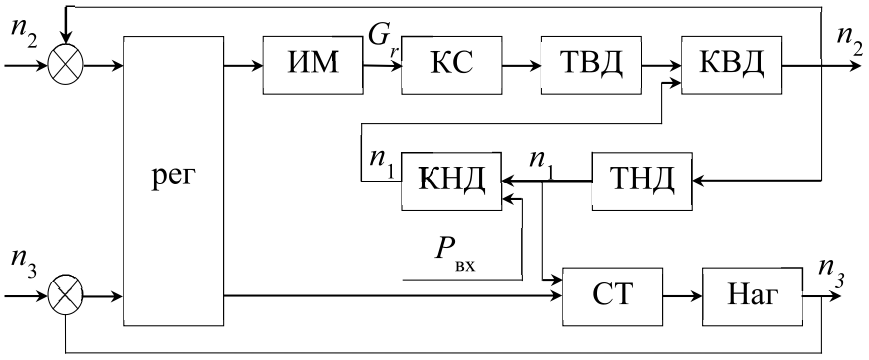


Рис. 1. Структурная схема регулирования ГПА

Описание модели систем управления газоперекачивающими агрегатами

В настоящее время наряду с применением газотурбинного двигателя (ГТД) в составе силовых установок самолетов и вертолетов их используют и в наземных установках, например на электростанциях в качестве привода генератора. При этом могут использоваться как специально разрабатываемые газотурбинные установки (ГТУ), так и авиационные двигатели, целенаправленно конвертированные для функционирования в системах наземных энергетических установок и ГПА [1].

На рис. 1 представлена модель системы управления газоперекачивающим агрегатом.

Введены следующие обозначения:

$P_{вх}$ – входное давление;

n_1, n_2, n_3, – частоты на соответствующих участках;

ИМ – исполнительный механизм;

КВД – корпус высокого давления;

КНД – корпус низкого давления;

ТВД – турбина высокого давления;

ТНД – турбина низкого давления;

СТ – силовая турбина;

КС – компрессорная станция.

Регулирование топлива осуществляется по частоте вращения СТ. В качестве задания частоты вращения СТ выбирается то значение частоты вращения СТ, которое было в момент достижения частоты вращения малого газа.

Специалисты, на основании информации, касающейся эксплуатации газогенераторных перекачивающих агрегатов в течение последних 10 лет, установили, что выход их строя в большей степени сопряжен со следующими проблемами [2, 3]:

– ошибки при проектировании устройства.

– дефекты, допущенные при производстве агрегата и его сборке, а также монтажа.

– неисправности материалов.

Система управления ГПА должна иметь три уровня, на каждом из которых решается своя задача. Наиболее тесно связанными представляются задачи локального управления ГПА и управления ГПА в составе КЦ. Эти задачи должны решаться децентрализованной системой, на нижнем уровне которой находятся однотипные локальные САУ ГПА, количество которых совпадает с количеством ГПА в компрессорном цехе. С точки зрения математического обеспечения задача локального управления ГПА является достаточно тривиальной, она решается классическими ПИ- и ПИД-регуляторами. Нелинейность и многомерность газотурбинного двигателя как объекта управления приводят к необходимости введения нескольких контуров обратной связи, иногда с переменными (адаптивными) коэффициентами усиления.

В работе [4] предложено описание сложных динамических систем через характеристики подсистем и многомерные элементы связи между ними. В качестве индивидуальной характеристики отдельной подсистемы рассматривается ее передаточная функция в режиме управления, когда подсистема функционирует в изолированном от других подсистем состоянии.

При проектировании систем управления следующей задачей после достижения устойчивого функционирования ставится задача выполнения заданных показателей качества переходных процессов [5]. Зависимость рассматриваемых величин от параметров синтезируемой системы можно представить в виде системы уравнений:

$$\begin{cases} q_1\left(\{k_i\},\{\tau_i\},\{T_i\}\right) = func_1\left(\{k_i\},\{\tau_i\},\{T_i\}\right) \\ \vdots \\ q_p\left(\{k_i\},\{\tau_i\},\{T_i\}\right) = func_p\left(\{k_i\},\{\tau_i\},\{T_i\}\right) \end{cases}, \quad (1)$$

где $q_1,\ldots,q_p$ – показатели качества рассматриваемых переходных процессов;

$\{k_i\}$, $\{\tau_i\}$, $\{T_i\}$ – множества изменяемых параметров системы (коэффициентов усиления, постоянных времени и т.д.);

$func_1,\ldots, func_p$ – функции, выражающие зависимость показателей качества системы от параметров синтезируемых регуляторов.

Рассмотрим в качестве основных показателей качества систем перерегулирование и время регулирования подсистем. Тогда система уравнений (1) примет вид

$$\begin{cases} t_{\text{рег1}} = f_1\left(\{k_i\},\{\tau_i\},\{T_i\}\right) \\ \sigma_1 = g_1\left(\{k_i\},\{\tau_i\},\{T_i\}\right) \\ \vdots \\ t_{\text{рег}n} = f_n\left(\{k_i\},\{\tau_i\},\{T_i\}\right) \\ \sigma_n = g_n\left(\{k_i\},\{\tau_i\},\{T_i\}\right) \end{cases}, \qquad (2)$$

где $\sigma_1,\ldots,\sigma_n$ – перерегулирование, $t_{\text{рег1}},\ldots, t_{\text{рег}n}$ – время регулирования переходных процессов подсистем.

Показатели качества функционирования, предъявляемые к каждой подсистеме, могут отличаться в зависимости от функционального назначения и режима функционирования системы. При построении логического многосвязного регулятора для каждого режима синтез параметров проводится отдельно с целью последующего объединения.

Методы интеллектуального анализа данных при решении задачи синтеза

Построенные математические модели ГПА являются сложными для анализа и синтеза регуляторов, в связи с этим при проектировании используются методы интеллектуального анализа данных: методы распознавания и оценки технического состояния (объекта, ГТД, ГПА), методы интеллектуального управления, методы нелинейного управления, методы теории многосвязных систем автоматического управления, теории систем искусственного интеллекта.

Представить зависимость показателей качества функционирования системы от параметров подсистем и связей между ними в математическом виде очень сложно, что объясняется особенностями каждого класса систем и входящих в сложную систему подсистем. Показатели перерегулирования и времени регулирования имеют обратную зависимость, также сказывается взаимное влияние подсистем друг на друга. Однако существуют различные методы, позволяющие решить поставленную задачу.

В качестве инструментов синтеза параметров систем управления сложными объектами могут использоваться инструменты анализа данных, такие как искусственные нейронные сети, нечеткая логика, машинное обучение, эволюционные вычисления, генетические алгоритмы и т.д. В качестве наиболее подходящего выбран метод синтеза с использованием адаптивных нейро-нечетких сетей.

Адаптивные нейро-нечеткие сети объединяют в себе достоинства систем нечеткого вывода и нейронных сетей. С одной стороны, они позволяют разрабатывать и представлять модели систем в форме правил нечетких продукций, которые обладают наглядностью и простотой содержательной интерпретации, а с другой стороны, для построения правил нечетких продукций используются методы нейронных сетей, что является более удобным и менее трудоемким процессом для проектировщиков.

Например, при построении нейро-нечеткой сети, реализующей принятие решений по выбору параметров системы с целью удовлетворения заданным показателям перерегулирования, используется алгоритм, описанный в работах [6, 7]. Выбор осуществляется по нескольким критериям: коэффициенты усиления и постоянные времени в перекрестных неголономных связях. На рис. 2 представлена структура рассматриваемой системы нечеткого вывода.

Качество обучения разрабатываемой сети напрямую зависит от количества примеров – объема обучающей выборки, и насколько полно примеры описывают данную задачу. Вся информация, используемая нейро-нечеткой сетью для построения системы нечеткого вывода, содержится во множестве обучающих выборок. При этом функции принадлежности синтезированных систем настроены (обучены) так, чтобы минимизировать отклонения между результатами нечеткого моделирования и экспериментальными данными [8].

Аналогично проводится нейро-нечеткое моделирование при увеличении количества и сложности требуемых параметров. Для построения нейро-нечеткой сети в работе используется приложение программного комплекса MatLab – редактор ANFIS, с помощью которого автоматически синтезируется нейро-нечеткая сеть. Последовательность процесса разработки модели нейро-нечеткой сети имеет вид:

1) подготовка обучающей выборки;

2) загрузка обучающих данных;

3) построение структуры системы нечеткого вывода;

4) визуализация структуры гибридной сети.

Результаты обучения нейро-нечеткой сети экспортируем в рабочую область MatLab после чего их можно будет использовать в пакете Simulink, загрузив в блок Fuzzy Logic Controller, который будет выступать в качестве координирующей части нейро-нечеткого регулятора [9]. Расположение координирующей части в структурной схеме многосвязной САУ представлено на рис. 3.

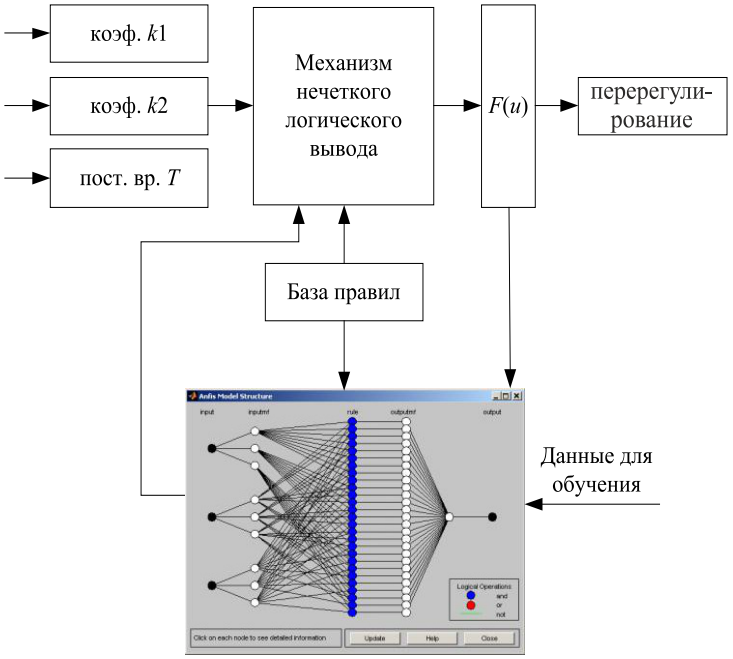


Рис. 2. Структура системы нечеткого вывода

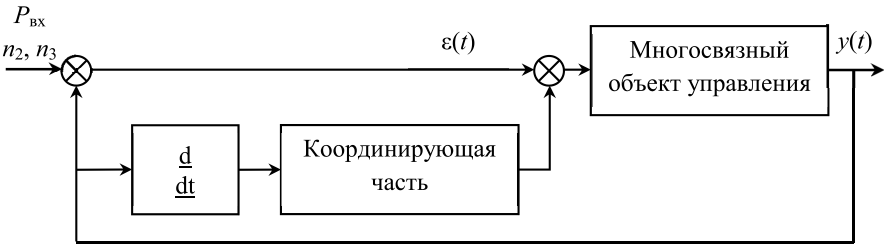


Рис. 3. Координирующая часть нейро-нечеткого регулятора в структурной схеме САУ

Обученная сеть позволяет подбирать параметры САУ с учетом требуемых показателей качества, что дает возможность корректировать работу системы при изменениях условий функционирования.

Пример проектирования системы управления

Рассмотрим задачу обеспечения заданных показателей качества на одном из режимов функционирования. Для рассматриваемого режима заданы требования к показателям переходных процессов (2) в следующем виде:

$$\{t_{рег}\} = \{2; 2\},$$

$$\{\sigma_{рег}\} = \{0{,}2; 0{,}2\}. \qquad (3)$$

Проведен синтез структуры системы, обеспечивающей устойчивость и заданные показатели устойчивости на заданном конкретном режиме согласно алгоритму [5, 10].

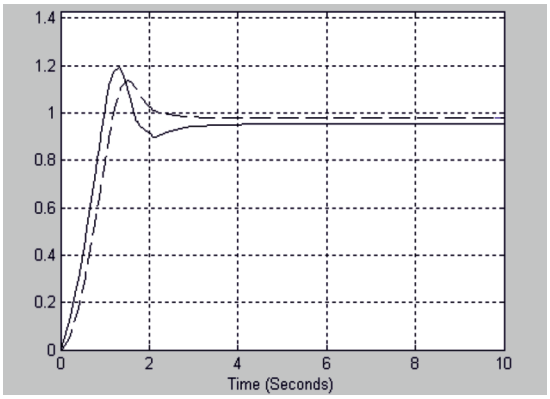


Рис. 4. Графики переходных процессов САУ

При моделировании получены графики переходных процессов, представленные на рис. 4.

Как видно из рис. 4, синтезированная система обладает заданными показателя-

ми качества (3), то есть перерегулирование и время регулирования удовлетворяют требованиям. Аналогично проведены операции определения требуемых параметров на всех режимах функционирования системы, затем проводится агрегирование результатов. Полученные результаты моделирования подтверждают эффективность разработанного метода синтеза.

Заключение

Таким образом, предложена процедура формирования многомерных связей в многосвязной системе управления, которая обеспечивает требуемые показатели качества. Проанализированы возможности повышения качества переходных процессов системы при различных распределениях связей между объектами с использованием нейросетевого моделирования.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-48-020956 р_а «Математическая модель и алгоритмы управления газотурбинным двигателем, работающим на природном газе и предназначенным для газоперекачивающих агрегатов».

Список литературы

1. Гумеров Х.С., Хабибуллин Р.З. Анализ аварийной остановки ГТП АЛ-31СТ по причине помпажа // Труды V Всероссийской конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (с приглашением зарубежных ученых). Т. 2. Май 16–19. Уфа, 2017. С. 128–130.

2. ФГУП «НПЦ газотурбостроения «САЛЮТ» | Продукция | АВИАЦИОННЫЕ ДВИГАТЕЛИ | АЛ-31Ф серии 42 (М1) [Электронный ресурс]. URL: http://www.salut.ru / ViewTopic.php?Id=652 (дата обращения: 10.11.2018).

3. Антропов П.Г., Долинина О.Н., Кузьмин А.К., Шварц А.Ю. Использование интеллектуальных систем для диагностики неисправностей газоперекачивающих агрегатов // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6 [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=11252 (дата обращения: 10.11.2018).

4. Петров Б.Н., Черкасов Б.А., Куликов Г.Г. Частотный метод анализа и синтеза многомерных систем автоматического регулирования // Доклады АН СССР. 1979. Т. 247. № 2. С. 304–307.

5. Ильясов Б.Г., Саитова Г.А., Сабитов И.И. Применение логического регулятора для управления авиационным газотурбинным двигателем // Вестник Уфимского государственного авиационного технического университета. 2015. Т. 19. № 4. С. 132–137.

6. Ильясов Б.Г., Саитова Г.А. Анализ устойчивости динамических систем, представленных в полиномиальной векторно-матричной форме // Известия Российской академии наук. Теория и системы управления. 2018. № 2. С. 3–10. DOI: 10.7868/S0002338818020014.

7. Гвоздев В.Е., Черняховская Л.Р., Никулина Н.О., Бармина О.В. Стратегическое управление на основе инженерии знаний: уч. пособие. Уфа: УГАТУ, 2017 [Электронный ресурс]. URL: http://e-library.ufa-rb.ru/dl/lib_net_r/Strateg_upr_na_osnove_ inzhenerii_znaniy_uch_pos_2017.pdf (дата обращения: 17.11.2018).

8. Ярушкина Н.Г., Афанасьева Т.В. Интеллектуальный анализ поведения сложных систем // Радиотехника. Радиосистемы: журнал в журнале. 2012. № 9; 2012. № 1. С. 10–13.

9. Черных И.В. Моделирование электротехнических устройств в Matlab, SimPowerSystems и Simulink. М.: ДМК Пресс, 2014. 288 с.

10. Ильясов Б.Г., Саитова Г.А., Халикова Е.А. Интеллектуальный анализ данных при проектировании многосвязных систем автоматического управления // Труды VI Всероссийской конференции «Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений» (ITIDS 2018). Т. 3. Май 28–31. Уфа, 2018. С. 17–20.

УДК 004.056.55

РАЗРАБОТКА КОМБИНИРОВАННОГО АЛГОРИТМА ШИФРОВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ОБЪЕДИНЕНИЯ БЛОЧНЫХ ШИФРОВ TEA И DES

Клёкта С.А., Чесноков Н.И., Черкесова Л.В.

ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону, e-mail: seregaklyokta@mail.ru, 4esnog96@gmail.com, chia@inbox.ru

В рамках данной статьи были рассмотрены общие сведения о блочном шифре TEA, в том числе история его создания, достоинства и недостатки, а также подробности о процессе шифрования и расшифрования. Также приведена краткая справка о значимости алгоритмов шифрования и о семействе шифров, в основе устройства которых лежат сети Фейстеля. Описаны три главные уязвимости шифра: дифференциальный криптоанализ, наличие эквивалентных ключей и наиболее подробно – возможность произведения атаки на «связанных ключах». Кратко рассматривается устройство алгоритма шифрования DES. Далее более подробно рассматриваются алгоритм формирования раундовых ключей шифра DES и его модификация, делающая возможным внедрение в шифр TEA. Результатом такого слияния является более надёжный вариант TEA, в отличие от оригинального шифра, устойчивый прежде всего к атакам на основе связанных кючей, но также и лишённый уязвимости эквивалентных ключей. Помимо теоретической разработки, создана также и программная реализация на языке программирования Python. Наконец, в подтверждение достигнутых результатов, рассматриваются программные тесты скорости шифрования и расшифрования данных различного объёма, скорости выработки только раундовых ключей, наличия в любом наборе пар эквивалентных ключей.

Ключевые слова: блочный шифр, криптоанализ, ключ шифрования, алгоритм, язык программирования, Python

DEVELOPMENT OF A COMBINED ENCRYPTION ALGORITHM ON THE EXAMPLE OF COMBINING BLOCK CIPHERS TEA AND DES

Klekta S.A., Chesnokov N.I., Cherkesova L.V.

Federal State Budget Higher Education Institution Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: seregaklyokta@mail.ru, 4esnog96@gmail.com, chia@inbox.ru

In the framework of this article, general information on the block cipher TEA was reviewed, including the history of its creation, advantages and disadvantages, as well as details of the process of encryption and decryption. Also, a brief reference is given on the significance of encryption algorithms and the family of ciphers, which are based on Feistel networks. Three main vulnerabilities of the cipher are described: differential cryptanalysis, the presence of equivalent keys, and in most detail – the «related-key» attack. A brief overview of the DES encryption algorithm is given. Next, we consider the algorithm for generating the DES round keys and its modification, which makes it possible to integrate this algorithm into the TEA. The result of such a merge is a more reliable version of TEA, which is, in contrast to the original cipher, first of all, resistant to attacks based on related keys, but also devoid of the vulnerability of equivalent keys. In addition to theoretical development, an implementation in the programming language Python was also created. Finally, in support of the achieved results, software tests of the speed of encrypting and decrypting data of various sizes, the speed of generating only round keys, the presence of equivalent keys in any set of pairs are considered.

Keywords: block cipher, crypto analysis, key of ciphering, algorithm, programming language, Python

Информационные технологии с каждым днем все больше и больше пронизывают все стороны нашей жизни, вследствие чего мы вынуждены хранить информацию разного уровня конфиденциальности и обмениваться ею. Поэтому остро встает вопрос обеспечения безопасности передаваемых и хранимых данных. Именно с этой целью в данных системах широко используются различные виды шифрования информации. Существует огромное множество алгоритмов, которыми осуществляется шифрование информации с целью недопущения ее попадания в руки тех, кто не имеет права на доступ к ней. Среди этих шифров выделяется большой слой алгоритмов, основанных на сетях Фейстеля. Весьма широко распространенной моделью построения блочных шифров является сеть Фейстеля. Шифры состоят из ячеек, называемых ячейками Фейстеля. Входными данными каждой ячейки являются ключ и исходные данные. Выходные данные каждой ячейки – это измененный ключ и измененные данные. По причине однотипности всех ячеек принято считать сеть многократно повторяющейся структурой. Один из таких шифров – блочный шифр TEA, являющийся одним из наиболее простых в своем семействе.

Цель исследования: разработать модификацию блочного шифра TEA, которая будет лишена уязвимости к атакам на «связанных ключах».

Для достижения указанной цели был определен ряд задач:

– проанализировать оригинальный алгоритм и существующие его модификации;

– изучить общие принципы атак на связанных ключах, а также реализации их применительно к алгоритму TEA;

– модифицировать алгоритм, применив известные принципы защиты от атак.

Материалы и методы исследования

Блочный шифр Tiny Encryption Algorithm (TEA), представленный в 1994 г. на конференции по быстрым алгоритмам шифрования в г. Лёвен, Бельгия, разработанный Роджером Нидхэмом и Дэвидом Уилером, является одним из самых простых и малых представителей семейства шифров на основе сети Фейстеля [1]. В его основе – битовые операции с 128-битным ключом шифрования, 64-битными блоками и обеспечивающая несимметричность сети Фейстеля операция сложения по модулю 2^{32}.

Достоинства шифра. Алгоритм достаточно легко реализовать на любом языке программирования. При правильном исполнении, за счёт малого размера кода, а также благодаря возможности оптимизации под исполнение на 32-битных процессорах, TEA показывает высокую скорость выполнения. Для эффективной диффузии алгоритму требуется не менее 16 циклов, то есть 32 раундов. Стоит отметить, однако, что для полной диффузии достаточно 12 раундов [2]. Шифр TEA считается устойчивым как к линейному [3], так и к дифференциальному криптоанализу.

Описание алгоритма. Исходная последовательность представляется в виде 64-битных блоков. Ключ шифрования, в исходном виде составляющий 128 бит, разбивается на 4 подключа равных размеров (каждый по 32 бита). На этом подготовительный этап считается завершённым [1]. Далее, как правило, на протяжении 32 циклов (64 раундов), происходит процесс шифрования, схематично показанный на рис. 1, где:

<< и >> – операции побитового сдвига влево и вправо соответственно,

$\boxplus$ – операция сложения чисел по модулю 2^{32},

$\oplus$ – побитовое исключающее «ИЛИ» (XOR),

Delta (δ) – константа, выведенная из золотого сечения:

$$\delta = \left(\sqrt{5}-1\right) * 2^{31} = 2654435769_{10}\ [2].$$

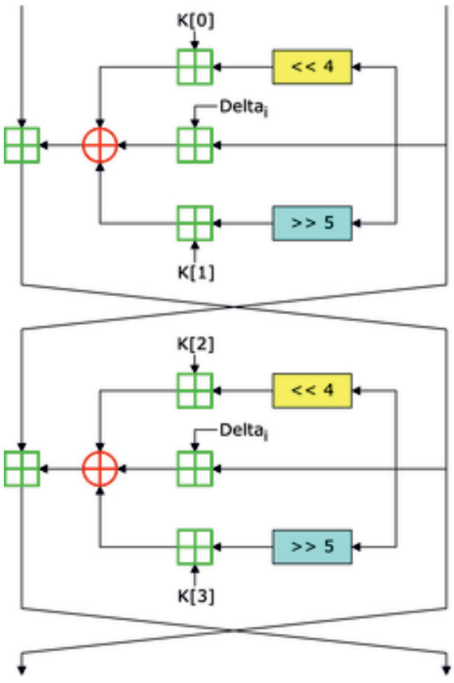


Рис. 1. Схема сети Фейстеля алгоритма TEA

Желая предотвратить атаки, в основе которых лежит симметричность раундов, в каждом из них умножаем константу на номер цикла i.

Атаки на связанных ключах. По причине простого расписания ключей главной уязвимостью алгоритма является возможность проведения «атак на связанных ключах» [4].

Атака на связанных ключах являет собой вид криптографической атаки, в рамках которой номинальный злоумышленник имеет возможность следить за шифрованием или расшифрованием, использующими совокупность закрытых ключей [5]. Эта атака не осуществляется простым перебором значений возможных ключей. В самом начале точные значения ключей неизвестны злоумышленнику, но предполагается, что криптоаналитик знает некое математическое соотношение, которое связывает ключи между собой [6].

Эквивалентные ключи. Наличие эквивалентных ключей так же является слабым местом Tiny Encryption Algorithm. Как известно, каждый ключ имеет три эквивалентных ему подключа. В действительности это означает, что эффективная длина ключа равна 126 бит, а не 128, как было предусмотрено изначально. Из этого следует, что нежелательно использовать TEA как хэш-функцию [7]. По причине того, что TEA это блочный алгоритм шифрования с 64-бытным блоком, а длина данных не обязательна будет кратна 64 битам, значения всех байтов, которые дополняют блок до кратности 64 битам, устанавливаются в 0x001.

Рассмотрение выбранной уязвимости. Известно несколько атак на TEA, использующих уязвимость связанных ключей. Чтобы понять суть этой уязвимости, рассмотрим самую простую атаку [6].

Пусть имеется ключ $K = (K_0, K_1, K_2, K_3)$. Изменим в ключах K_2 и K_3 биты на позиции 30 (следующие после наиболее значащих бит). С вероятностью приблизительно равной 0,5, выход чётных раундов сети Фейстеля, использующих изменённые ключи, будет совпадать с выходом на оригинальных ключах. Данный факт уже даёт двухраундовую циклическую дифференциальную характеристику с вероятностью 0,5, а соответственно, и 60-раундовую характеристику с вероятностью 2^{-30}. Таким образом, для взлома 64-раундового алгоритма TEA достаточно одной пары «совпавших» ключей и 2^{34} открытых текстов. Возможность такой атаки связана с тем, что алгоритм TEA не предполагает никакой выработки раундовых ключей, а просто использует 4 подключа на протяжении всех раундов.

Результаты исследования и их обсуждение

Очевидное решение описанной выше проблемы – добавить алгоритм выработки раундовых ключей. Ключи не должны создаваться одинаково, линейно. В идеальном случае каждый бит ключа должен влиять на все раунды, причём на каждом раунде поразному [1].

В целом требования к хорошим алгоритмам выработки раундовых ключей сильно пересекаются с требованиями к криптографическим хэш-функциям.

Достоверно известно, что хорошим расписанием ключей обладает алгоритм

DES [6]. Хоть набор раундовых ключей и является результатом несложных линейных преобразований, эти ключи достаточно надёжны и устойчивы к атакам на связанных ключах.

Такое сочетание простоты и надёжности – именно то, чем обладает шифр TEA в целом и чего так не хватает его раундовым ключам. И именно из-за этих качеств было решено модифицировать оригинальный TEA, добавив адаптированный вариант алгоритма выработки раундовых ключей, используемого в DES.

Оригинальный алгоритм расписания ключей шифра DES включает несколько шагов:

1. На вход поступает исходный ключ длиной 56 бит (7 байт). Он дополняется проверочными битами на позициях 8, 16, 24, 32, 40, 48, 56, 64, так, чтобы в каждом байте было нечётное количество единиц.

2. К расширенному ключу (длины 64) применяется начальная перестановка, заданная таблицей из 56 элементов так, что в последовательности, прошедшей перестановку, бит, номер которого соответствует номеру ячейки таблицы, является в исходном (расширенном) ключе битом с номером, указанном в текущей ячейке. Помимо перемешивания битов, в ходе перестановки также происходит и уменьшение длины ключа. Эта перестановка отбрасывает проверочные биты, упомянутые в п. 1. Данная таблица заранее известна и используется шифром независимо от ключа или открытого текста.

3. Далее, в течение 16 циклов, вырабатываются непосредственно раундовые ключи. На каждой итерации ключ представлен в виде двух блоков по 28 бит. Каждый из блоков циклически сдвигается вправо на 1 или 2 бита согласно таблице сдвигов.

4. Затем, объединённые блоки подвергаются второй перестановке, в ходе которой из 56 бит выбираются 48, которые и составляют ключ раунда. Соответственно, в ходе шестнадцати итераций генерируются 16 ключей длины 48.

Из описания оригинального алгоритма видно, что хоть он и достаточно прост, в нашем случае он всё же должен быть модифицирован. Алгоритм TEA предполагает использование раундовых ключей длины 32, а не 48. К тому же 16 ключей – слишком мало: нам необходима возможность создавать от 16 до 128 ключей. Для удовлетворения этих требований оригинальный алгоритм расписания ключей DES был усовершенствован. Но, так как он надёжен именно в исходном виде, было решено не изменять его, а дополнить:

1. Найти способ увеличить длину раундового ключа с 48 до 64. Это позволит за одну итерацию алгоритма выработки раундового ключа, на самом деле создавать два ключа по 32 бита.

2. Увеличивая длину вырабатываемого ключа, только за счёт дополнительных 16 бит внести вариативность ключей, которая позволила бы создавать до 64 пар уникальных раундовых ключей (так как за одну итерацию алгоритма вырабатывается сразу 2 ключа, в сумме получим необходимые нам 128 ключей).

Оригинальный алгоритм расписания ключей описывает 8 проверочных бит, которые никак не участвуют в шифровании. Для расширения размеров и количества итоговых ключей в модифицированном алгоритме решено было использовать именно их.

1. На этапе начальной перестановки, до цикла выработки ключей, создаётся блок расширения. Для этого с помощью подобранной нами таблицы расширения, из 8 проверочных бит получается блок длины 64. Далее, этот блок делится на два равных подблока (левый и правый). Начальные преобразования оригинального алгоритма на данном этапе остаются неизменными.

2. На каждой i-й итерации создания ключей и блоки ключа (как и в исходном алгоритме), и блоки расширения, подвергаются циклическому сдвигу, согласно таблице сдвигов. Однако, чтобы исключить генерацию одинаковых ключей, сама таблица сдвигов была увеличена в 4 раза. Первые 16 сдвигов остались неизменными, а последующие отрезки по 16 сдвигов получаются умножением каждого элемента на (i div 16) + 1, а затем перемешиванием некоторых дополнительных элементов и целых отрезков. Сдвиг блока ключа определяет элемент i таблицы сдвигов, а сдвиг блока расширения – элемент (63 – i).

3. Сдвинутые блоки попарно конкатенируются (левые с правыми).

4. Блоки подвергаются раундовой перестановке точно так же, как в исходном алгоритме.

5. Выбираются границы обрезки блоков. Для блока расширения, начало и конец обрезки задаются следующими формулами:

$$H_p = i \bmod 16,\ K_p = H_p + 32.$$

Для блока ключа:

$$H_k = (H_p + 7) \bmod 16,$$

$$K_k = H_k + 32,$$

где H_p – начало обрезки блока расширения, K_p – конец обрезки блока расширения, $H_к$ – начало обрезки блока ключа, $K_к$ – конец обрезки блока ключа.

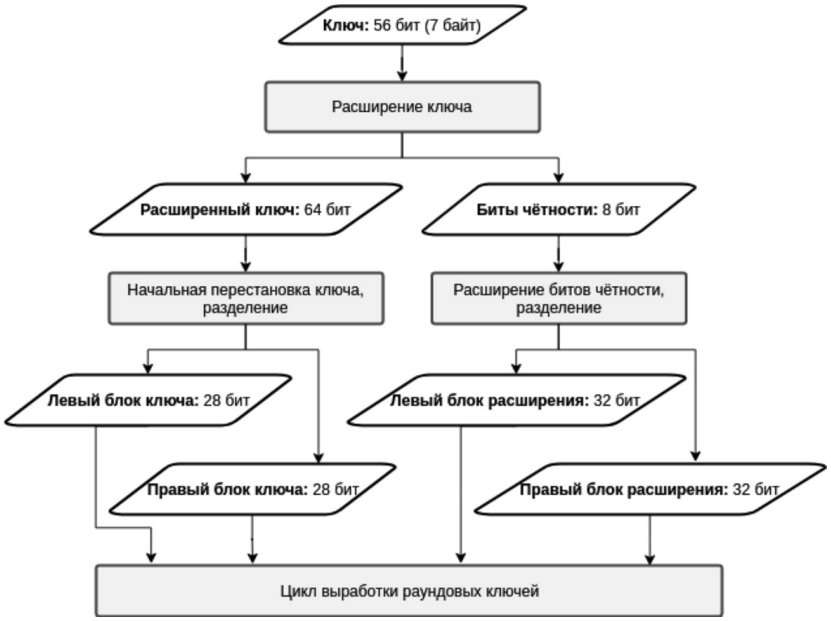


Рис. 2. Начальный этап алгоритма выработки ключей

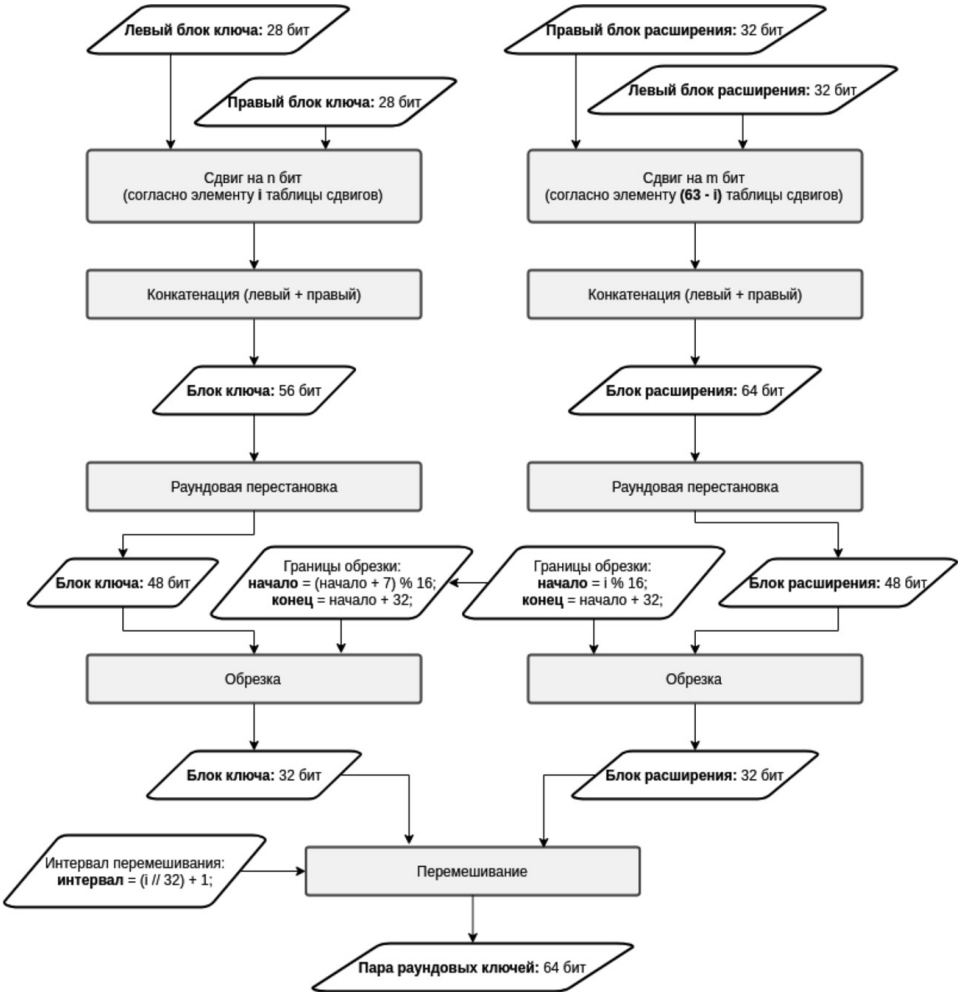


Рис. 3. Цикл генерации раундовых ключей

6. Блоки обрезаются согласно выбранным границам. На данном этапе оба блока имеют длину 32.

7. Выбирается интервал перемешивания: И = (i div 32) + 1.

8. Производится объединение (и перемешивание) блока ключа с блоком расширения согласно выбранному интервалу расширения. Смысл интервала состоит в том, каким образом будут перемешаны элементы обоих блоков. Например, если блок ключа – $K = k_i$, блок расширения – $E = e_i$, то при $i = 1$, элементы будут перемешаны следующим образом:

$$\{k_0, e_0, k_1, e_1, \ldots\};$$

при $i = 2$:

$$\{k_0, k_1, e_0, e_1, \ldots\}.$$

Объединённый и перемешанный блок имеет длину 64. После разделения его пополам получаем пару готовых раундовых ключей.

Оценка результатов. Для измерения надёжности и эффективности разработанного алгоритма были разработаны и использованы несколько простых программных тестов.

Первый тест измеряет время полного шифрования и расшифрования (включая выработку ключей) на данных различных размеров (от 10 Кб до 1 Мб).

Как видно на графике, приведённом на рис. 3, с увеличением объёма данных время работы алгоритма растёт линейно. Как минимум, это говорит о том, что модифицированный алгоритм по временным показателям не уступает оригинальному TEA.

Далее был протестирован отдельно алгоритм выработки ключей. Как видно на рис. 4, выработка 10 000 наборов раундовых ключей из исходного ключа «the_key» в сумме заняла 24062 мс. Другими словами, выработка одного набора в среднем занимает 2,4 мс.

Для проверки защищённости алгоритма от атак, связанных с наличием эквивалентных ключей, был использован отдельный тест. Даже для самых простых и небезопасных ключей шифрования, алгоритм генерирует 128 уникальных, неэквивалентных ключей.

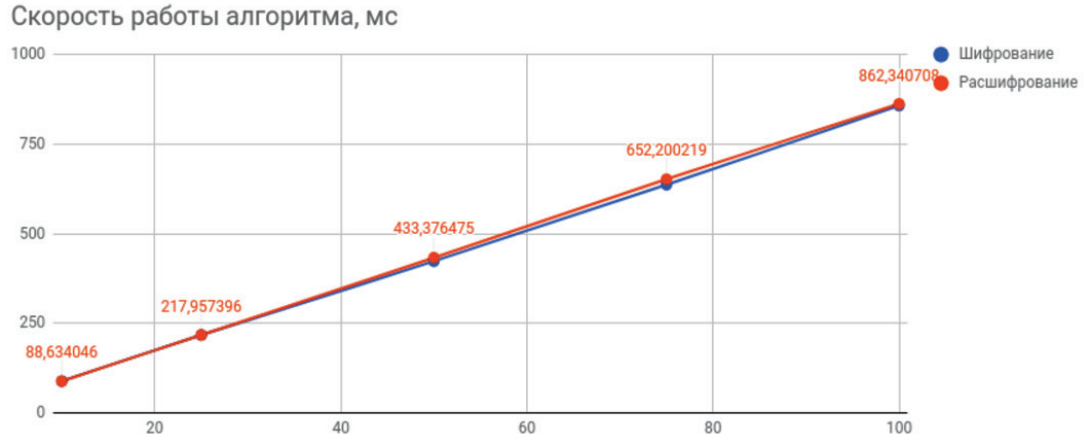


Рис. 4. График изменения скорости шифрования и расшифрования в зависимости от объема данных (от 10 Кб до 100 Кб)

```
>>> test_genkeys('the_key')
Keys generation (10000 times) timing: 24062.054739ms
```

Рис. 5. Вывод теста алгоритма выработки раундовых ключей

```
nikita@nikita-mint ~/dev/learn/tea $ python3 main.py -m encrypt --run-tests -d _ -k aaaaaaa -i
Start equal keys test...
No equal keys found.
nikita@nikita-mint ~/dev/learn/tea $ python3 main.py -m encrypt --run-tests -d _ -k 1111111 -i
Start equal keys test...
No equal keys found.
```

Рис. 6. Результаты теста наличия пар эквивалентных ключей

Выводы

Проанализируем этот результат. Уязвимость оригинального TEA связана с тем, что при изменении старших бит некоторых раундовых ключей, результат шифрования не менялся. В нашем же алгоритме изменение любого бита исходного ключа приводит к изменению набора битов чётности, что в свою очередь приводит к существенному изменению всего набора раундовых ключей. Иными словами, в чистом виде старую уязвимость уже можно считать закрытой.

Таким образом, с минимальными временными и ресурсными потерями мы получили более надёжную модификацию алгоритма TEA.

Список литературы

1. Панасенко С. Алгоритмы шифрования. Специальный справочник. СПб.: БХВ-Петербург, 2009. 576 с.

2. Rijmen V., Chowdhury D.R., Das A. Progress in Cryptology – INDOCRYPT 2008. 9th International Conference on Cryptology in India (Kharagpur, India, December 14–17, 2008). 2008. P. 363. DOI: 10.1007/978-3-540-89754-5.

3. Bogdanov A., Wang M. Zero Correlation Linear Cryptanalysis with Reduced Data Complexity. Fast Software Encryption. 2012. vol. 7549. P. 29–48. DOI: 10.1007/978-3-642-34047-5_3.

4. Dunkelman O. Related-Key Attacks. Department of Computer Science, University of Haifa, Faculty of Mathematics and Computer Science, Weizmann Institute of Science. 2011. vol. 1 [Электронный ресурс]. URL: http://cs.haifa.ac.il/~orrd/RK-Attacks.pdf (дата обращения: 21.11.2018).

5. Biham E., Dunkelman O., Keller N. A Unified Approach to Related-Key Attacks. Fast Software Encryption. Lecture Notes in Computer Science. 2008. vol. 5086. P. 73–96. DOI: 10.1007/978-3-540-71039-4_5.

6. Kelsey J., Schneier B., Wagner D. Related-key cryptanalysis of 3-WAY, Biham-DES, CAST, DES-X NewDES, RC2, and TEA. Information and Communications Security. Lecture Notes in Computer Science. 1997. vol. 1334. P. 233–246. DOI: 10.1007/BFb0028479.

7. Steil M. 17 Mistakes Microsoft Made in the Xbox Security System. Xbox Linux Project. 2005 [Электронный ресурс]. URL: https://web.archive.org/web/20080913113633/http://events.ccc.de:80/congress/2005/fahrplan/attachments/591-paper_xbox.pdf (дата обращения: 21.11.2018).

УДК 681.5.013:681.5.09

ДИНАМИЧЕСКАЯ КОРРЕКЦИЯ УПРАВЛЯЮЩЕГО ВОЗДЕЙСТВИЯ В РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ НА БАЗЕ НЕЙРОСЕТЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ С ОНЛАЙН-ОБУЧЕНИЕМ

Кобзев А.А., Лекарева А.В., Новикова Н.А., Сидорова О.С.

Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых (ВлГУ), Владимир, e-mail: kobzev42@mail.ru

В статье предложен метод реализации динамической коррекции управляющего воздействия в робототехнических системах, подверженных влиянию внешнего недетерминированного возмущения на основе нейросетевого регулятора с онлайн-обучением. В качестве базового метода формирования алгоритма в системах автоматического управления динамическими объектами в настоящей работе рассматривается метод комплементарного управления, в основе которого лежит реализация четвертой модифицированной формы инвариантности. В работе представлены две структуры системы автоматического управления с нейросетевым регулятором: 1) в систему управления вводится контур с нейросетевым регулятором, формирующим автономную дополнительную составляющую в управляющее воздействие; 2) включение нейросетевого регулятора в устройство формирования управляющего воздействия. В качестве основного входа нейронной сети выступает ошибка, пропорциональная внешнему неопределенному возмущению, выделяемая из суммарной ошибки системы исключением детерминированных составляющих ошибки, а также задержанные значения данного сигнала, определяемые порядком дифференциальных уравнений рассматриваемой динамической системы. В качестве сигнала ошибки, используемого для настройки весов нейронной сети, используется сигнал рассогласования между выходной координатой эталонной модели и объекта управления. В работе изложены подходы к выбору типа архитектуры нейронной сети. количества слоев, нейронов в них, а также функций активации. Представлены результаты исследования работы контура коррекции на примере привода робототехнического устройства.

Ключевые слова: комплементарная коррекция, нейросетевой регулятор, онлайн-обучение, компенсация внешнего неизмеримого возмущения, метод моментов, робототехническая система

DYNAMIC CORRECTION OF CONTROL IMPACT IN ROBOTIC SYSTEMS BASED ON NEURAL NETWORK TECHNOLOGY WITH ONLINE-TRAINING

Kobzev A.A., Lekareva A.V., Novikova N.A., Sidorova O.S.

Vladimir State University of a name of A.G. and N.G. Stoletov, Vladimir, e-mail: kobzev42@mail.ru

The article proposes a method for implementing dynamic control correction in robotic systems exposed to external non-deterministic perturbations based on a neural network controller with online learning. As a basic method of algorithm synthesis in automatic control systems for dynamic objects in this paper we consider the complementary control method, which is based on the implementation of the fourth modified form of invariance. The paper presents two structural diagrams for the integration of a neural network controller in the automatic control system circuit: 1) the formation of an autonomous additional component in the control action and the formation of its channel by the neural network controller; 2) software correction in the control signal synthesis block. The input of the neural network is an error proportional to an external indefinite perturbation, separated from the total system error, with the exception of the deterministic error components, as well as the delayed values of this signal, determined by the order of the differential equations of the dynamic system under consideration. The error signal between the output coordinate of the reference model and the control object is used as the mismatch value for adjusting the weights of the neural network. The paper sets out approaches for neural network architecture choice, as well as choosing the number of layers, neurons in them, and activation functions. The research results on the correction circuit operation are presented on the example of a robot device drive.

Keywords: complementary correction, neural network controller, online learning, compensation of external immeasurable perturbations, method of moments, robotic system

Практическая реализация разработанных алгоритмов управления динамическими системами обеспечивается их простотой реализации и понимания, а также гибкостью, устойчивостью, наличием адаптивных свойств, способностью к обучению. Большинство разработанных алгоритмов, базирующихся на теории оптимального и адаптивного управления, не отвечают поставленным требованиям. Кроме того, практическая приемлемость математических моделей, лежащих в основе построения алгоритмов, должна обеспечиваться низкой чувствительностью к изменениям параметров, что для нелинейных систем реализовать достаточно сложно. В последнее время для целей управления все шире начинают применяться методы искусственного интеллекта [1–3]. Интерес к нейросетевому управлению обусловлен прежде всего следующими причинами:

– наличием живых образцов интеллектуальных адаптивных контроллеров – биологических нервных систем;

– способностью нейронных сетей аппроксимировать любые функции [4]. Способность

нейронных сетей к самообучению избавляет от необходимости использовать сложный математический аппарат, применяемый во многих традиционных методах адаптивного и оптимального управления; кроме того, способность к самообучению избавляет также от требования наличия большого объема априорной информации об объекте управления, необходимого для реализации методов оптимального и адаптивного управления; Кроме того использование нелинейных функций активации в слоях нейронной сети обеспечивает возможность нелинейного отображения. Данное свойство особенно важно для решения задач управления объектами с существенными нелинейностями, для которых традиционные подходы пока не дают практически реализуемых решений [5];

– высокой степенью параллельности нейронных сетей, позволяющей реализовать очень быстрые методы мультипроцессорной обработки на основе использования нейронных кристаллов или параллельных аппаратных средств [5];

– реализацией архитектуры параллельной обработки, благодаря которой повреждение отдельных технических элементов сети не может существенно влиять на работу сети в целом [5].

В данной работе в качестве объектов управления (ОУ) рассматриваются электроприводы суставов робототехнических систем. Цель управления состоит в обеспечении требуемой точности отработки заданного закона управления в условиях действия внешних дополнительных недетерминированных возмущений гармонического характера, которые могут быть обусловлены следующими факторами [6]:

1) наличием геометрически-силового взаимодействия соседствующих пар координат кинематической цепи робототехнических устройств, обусловленного инерционными, диссипативными и кориолисовыми силами;

2) динамическими нагрузками со стороны объекта или выполняемого технологического процесса;

3) неточностью базирования или неопределенностью расположения технологической траектории в пространстве (случаи, когда фактическая траектория отличается от программной);

4) отклонением параметров ТР от номинальных значений, обусловленным изнашиванием механизмов силовой передачи и движителя, а также изменением климатических характеристик внешней среды.

Материалы и методы исследования

Анализ имеющихся результатов по рассматриваемой тематике свидетельствует об усложнённости конструкций почти всех схем нейроуправления из-за наличия нескольких нейронных сетей (НС) и нетривиальной последовательности процедур их обучения. Кроме того, необходимость процедуры предварительного обучения НС ограничивает применение разрабатываемого контроллера конкретным динамическим объектом, а также ограничивает диапазон изменения параметров объекта и возмущающих воздействий, при которых регулятор обеспечивает требуемые показатели качества. Поэтому перспективным направлением исследований является построение единой управляющей НС, работающей в режиме онлайн-обучения. Можно условно выделить четыре основных подхода нейросетевого управления, применяющих парадигму оперативного обучения в реальном времени [7]:

1. Последовательная схема управления. Нейронная сеть включается в прямой контур управления и обучается отображению желаемых сигналов в управляющие воздействия. В качестве сигнала ошибки, используемого для обучения нейронной сети, применяется сигнал рассогласования между опорным сигналом и фактическим выходом объекта управления. При этом в алгоритм обучения необходимо введение переменной, отражающей динамику объекта управления (якобиан системы).

2. Параллельная схема управления (нейронная сеть служит для компенсации управляющего воздействия, задаваемого обычным контроллером).

3. Схема управления с эмулятором и контроллером (максимизируется некоторая мера полезности и эффективности во времени, однако действительное обучение в реальном времени не достигается из-за медленной сходимости процесса обучения [5]).

4. Адаптивно-критическая схема (приближена к динамическому программированию).

В целом процесс проектирования нейросетевого регулятора можно условно описать следующей последовательностью шагов:

1) определение целей и задач управления;

2) выбор структуры системы автоматического управления (САУ) и типа нейронной сети (НС);

3) выбор алгоритма обучения;

4) обучение НС;

5) моделирование САУ с НС.

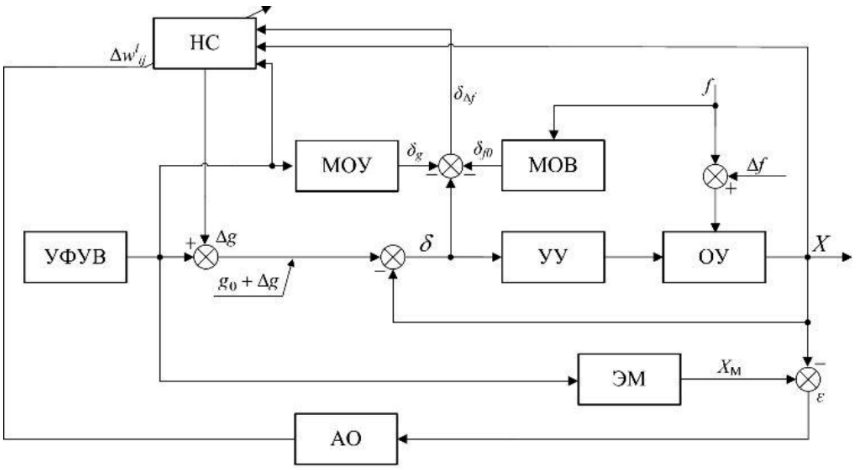
Выбор структуры САУ и типа нейронной сети НС

В качестве базового метода формирования алгоритма управления в САУ динамическими объектами в настоящей работе рассматривается метод комплементарного управления, в основе которого лежит реализация четвертой модифицированной формы инвариантности [6, 8]. Формирование корректирующих поправок для закона управления выполняется методом последовательных приближений, при этом алгоритмы контуров формирования корректирующих сигналов определяются как [6]:

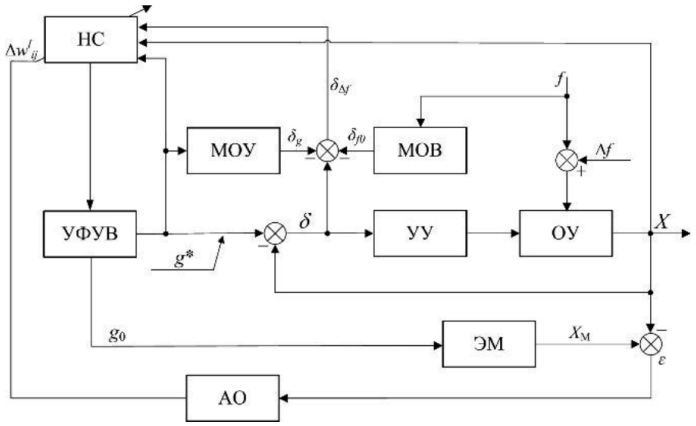
$$U_0 = \nu_0 \int_0^{t_i} \delta_{\text{мс}}(t, U_0)\, g_{\text{п}}\, dt;\; U_1 = \nu_1 \int_0^{t_j} \delta_{\text{мк}}(t, U_1)\, V_{\text{п}}\, dt;$$

$$U_2 = \nu_2 \int_0^{t_k} \delta_{\text{мд}}(t, U_2)\, \varepsilon_{\text{п}}\, dt,$$

где $\delta_{\text{мс}}$, $\delta_{\text{мк}}$, $\delta_{\text{мд}}$ – соответственно статическая, кинетическая и динамическая ошибки по возмущению; U_0, U_1, U_2 – составляющие управляющего воздействия, соответствующие положению, скорости и ускорению сигнала задания;; ν_1, ν_2, ν_3 – коэффициенты передачи в контурах коррекции.



а)



б)

Рис. 1. Структурные схемы САУ с нейросетевым регулятором:
а) формирование автономной корректирующей поправки в закон управления;
б) коррекция на стадии формирования управляющего воздействия

На основе анализа структур САУ с комплементарной коррекцией разработаны две схемы включения нейросетевого регулятора в контур САУ (рис. 2) [9]. Первая структура предполагает формирование НС дополнительной составляющей в управляющее воздействие, обеспечивающей парирование ошибки, обусловленной влиянием внешнего недетерминированного возмущения. Вторая структура предполагает включение НС в процедуру формирования управляющего воздействия в УФУВ.

На схемах обозначено: УФУВ – устройство формирования управляющего воздействия; УУ – устройство управления; ОУ – объект управления; ЭМ – эталонная модель, обладающая заданными динамическими показателями; МОУ – модель ОУ по ошибке от управляющего воздействия; МОВ – модель ОУ по ошибке от возмущающего воздействия. МОВ и МОУ образованы статическими зависимостями первого и второго коэффициентов ошибки от соответствующего воздействия; НС – нейронная сеть; АО – алгоритм обучения, g_0, f – управляющее и возмущающее воздействия соответственно; X, $X_М$ – регулируемая координата и выходная координата эталонной модели соответственно; δ – суммарная ошибка системы; Δf – дополнительное неизмеримое возмущение; δ_{f0}, δ_g – составляющие ошибки системы, обусловленные возмущающим и задающим воздействиями; $\delta_{\Delta f}$ – составляющая ошибки, пропорциональная дополнительному возмущению; Δg – дополнительная составляющая управляющего воздействия; ε – ошибка между выходной координатой ОУ и ЭМ. В качестве основного входа нейронной сети выступает ошибка пропорциональная внешнему неопределенному возмущению, выделяемая из суммарной ошибки системы исключением детерминированных составляющих ошибки, получаемых с помощью МОУ и МОВ, а также задержанные значения данного сигнала, определяемые порядком дифференциальных уравнений рассматриваемой динамической системы. Кроме того, в качестве дополнительной информации для обучения НС могут применяться сигналы задающего воздействия и регулируемой переменной. Значимость данных входов НС для процесса формирования корректирующей поправки может быть определена в процессе исследования.

Выделяются три способа идентификации составляющей ошибки, обусловленной влиянием внешнего неопределенного возмущения:

1) использование модели ошибки объекта управления по возмущающему и управляющему воздействиями;

2) использование параллельной прогнозирующей модели;

3) применение блока оценки основных статистических параметров составляющей ошибки системы автоматического управления, обусловленной внешним неопределенным возмущением, и использование данных параметров в качестве входов нейронной сети (данная схема применима для расширения класса рассматриваемых внешних возмущений).

В качестве сигнала ошибки, используемого для настройки весов НС, предлагается использовать сигнал рассогласования между выходной координатой ЭМ и ОУ ε, цель управления – минимизация ошибки в контуре системы. Здесь полагаются неизвестными поправки закона управления, формируемые в контуре коррекции системы, т.е. отсутствие эталонного значения выходного сигнала НС.

В работе [10] доказана универсальная аппроксимационная теорема, обобщающая как результаты А.Н. Колмогорова и Р. Хехт-Нильсена, так и аппроксимационную теорему Стоуна – Вейерштрасса [11]. С точки зрения нейронных сетей ее смысл сводится к тому, что для сколь угодно точной аппроксимации любой функции многих переменных достаточно двухслойной структуры НС при условии, что в скрытом слое использована нелинейная функция активации [12]. Приведенные результаты позволяют сделать вывод о целесообразности рассмотрения для решения поставленной задачи двухслойных НС: входной слой – скрытый слой – выходной слой.

При выборе количества нейронов в скрытом слое можно опираться на методики, изложенные в работе [13]. Для получения нижней оценки количества нейронов в скрытом слое целесообразно использовать результаты, представленные в работе [14], в которой было обосновано, что число нейронов скрытого слоя должно удовлетворять следующему неравенству: $N_{hid} \geq 2N + 1$, где N – это число входов НС.

В большей части работ, посвященных управлению робототехническими системами и различными технологическими процессами, для решения задач управления применяются многослойные нейронные сети прямого распространения, что можно объяснить следующими причинами: 1) такие сети представляют собой структуры с прямыми связями, в которых информация передается от входов к выходам, что особенно удобно для работы с системами, представимыми в виде блоков, в которых сигнал передается последовательно в одном направлении; 2) основной алгоритм обучения таких сетей – алгоритм обратного распространения ошибки, относящийся к широкому классу градиентных методов, часто применяемых в теории оптимального управления [5].

Алгоритм обучения НС

При выборе алгоритма для реализации предложенной схемы обучения следует рассматривать методы последовательного обучения НС, обладающие высокой скоростью сходимости, к таким методам относятся прежде всего методы градиентного спуска первого и второго порядка.

В качестве алгоритма обучения в настоящей работе принят алгоритм обратного распространения ошибки (метод моментов) с регуляризацией [4], в силу простоты его реализации и малых вычислительных затрат. При этом предлагается использовать переменный параметр скорости обучения для каждого слоя НС в функции ошибки нейронов, соответствующего слоя. Алгоритм обучения представляет собой совокупность следующих действий**:**

1. Инициализировать веса **W** (случайными малыми значениями), выбрать начальное η_0 и максимальное η_{max} значения скорости обучения, ошибки управления δ.

2. Инициализировать нулями начальные значения изменения весов **ΔW**.

3. Определить ошибку **E**(n).

4. Если результат удовлетворительный, а именно $|\mathbf{E}(n)| \leq \delta$, то обучение сети не реализуется, в обратном случае переход на п. 5.

5. Вычислить значение градиента функции потери $\nabla\mathbf{E}(n)$ на текущей итерации.

6. Определить параметр скорости обучения для i-ого слоя согласно выражению

$$\eta\{i\} = \eta_{max} \cdot \left(1 + \exp\left(-\left|\mathbf{G}\{i\}\right|\right)\right),$$

где η_{max} – максимальное значение скорости обучения;

$\left|\mathbf{G}\{i\}\right| = \left|\dfrac{\sum_{j=i+1}^{l} x_{(i+1)l}}{l}\right|$ – среднее арифметическое значение ошибки для i-го слоя сети; l – число нейронов в j-м следующем относительно i-го слое.

X – матрица ошибок сети, $\mathbf{dim}(\mathrm{X}) = \left[m_{max} \times d\right]$, где m_{max} – максимальное значение нейронов среди всех слоев НС; d – число слоев НС. При этом рассматриваем входы сети как первый слой.

7. Вычислить изменение параметров:

$$\mathbf{\Delta W}(n) = \eta \cdot (\mathbf{E}(n) + \rho \cdot \mathbf{W}(n-1)) + \mu \cdot \mathbf{\Delta W}(n-1),$$

где η – коэффициент, характеризующий скорость обучения; ρ – коэффициент регуляризации; **ΔW**(n – 1) – изменение весов на предыдущей итерации; μ – коэффициент момента; **W**(n – 1) – значение весовых коэффициентов на предыдущей итерации.

8. Корректировать веса сети

$$\mathbf{W}(n) = \mathbf{W}(n-1) - \mathbf{\Delta W}(n).$$

9. Переход на п. 3.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование работоспособности рассматриваемой структуры управления было реализовано в пакете Simulink программы MatLab на примере электропривода постоянного тока, расположенного в суставе робототехнической системы. Полагалось, что ОУ подвержен влиянию внешнего неизмеримого возмущения, имеющего вид гармонической функции. В ходе моделирования проводилась оценка точности работы нейросетевого контроллера при типовых видах

управляющих воздействий – 1) $g(t) = \text{const}$; 2) $g(t) = Vt$; 3) $g(t) = A\sin(\omega t + \varphi)$ – и изменениях параметров возмущения. На рис. 2–4 представлены кривые, характеризующие работу САУ с применением динамической коррекции, реализуемой нейросетевым регулятором, и без нее. Параметры НС:

1) количество слоев НС – 3;

2) количество входов – 5 (в качестве входов использовался сигнал ошибки, пропорциональный внешнему возмущению и его задержки, а также сигнал задающего воздействия и фактическое значение регулируемой координаты);

3) количество нейронов в среднем слое – 12;

4) функция активации нейронов в среднем слое – логарифмическая;

5) функция активации выходного слоя НС – линейная;

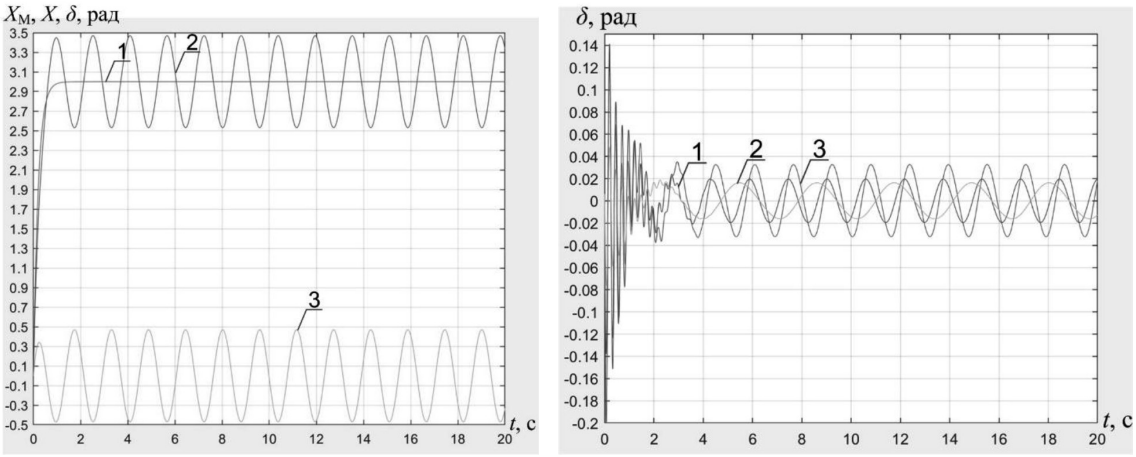
6) алгоритм обучения – алгоритм обратного распространения ошибки;

7) начальный параметр скорости обучения – 0,01;

8) дискретность сети – 0,001.

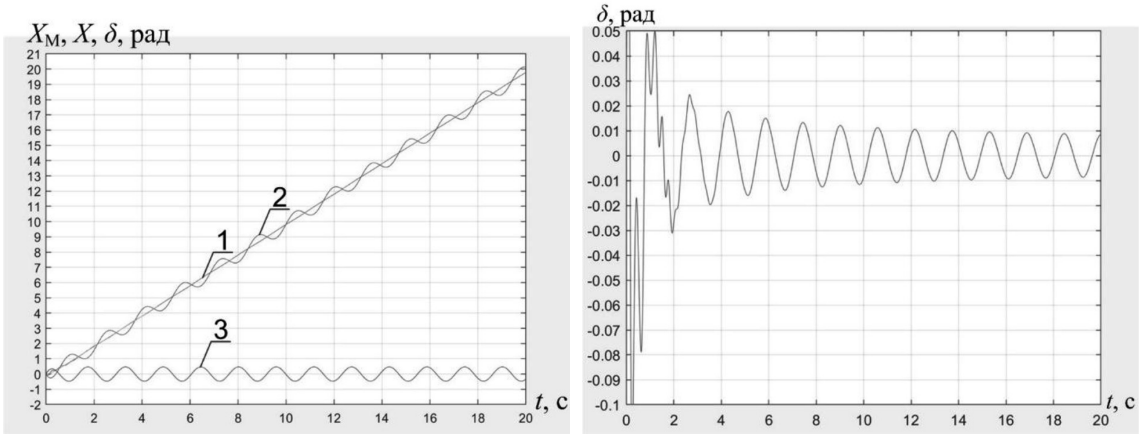
Анализ результатов исследования при использовании различных функций активации в скрытом слое (сигмоидальной, логарифмической, экспоненциальной, синусоидальной) свидетельствует о том, что наилучшую сходимость процесса обучения обеспечивает применение сигмоидальной и экспоненциальной функций активации. Преимуществом логарифмической функции активации является отсутствие необходимости нормировать входные сигналы, однако в процессе отработки системой гармонического входного сигнала может наблюдаться колебательный характер регулируемой переменной, в некоторых случаях происходит потеря устойчивости.

В ходе исследования была проанализирована точность работы контура коррекции с нейросетевым регулятором на базе двух типов НС с логарифмической функцией активации в скрытом слое: рекуррентной сети и сети прямого распространения ошибки. Анализ результатов свидетельствует, что применение рекуррентных сетей, обеспечивает лучшую скорость сходимости процесса компенсации возмущения, а также меньшие значения ошибки. Однако отсутствие учета динамики объекта управления в формировании алгоритма обучения при отработке гармонического входного сигнала приводит к необходимости включения в цепь формирования дополнительной составляющей коэффициента усиления, обеспечивающего масштабирование выходного сигнала НС, что усложняет процедуру коррекции управляющего воздействия. Поэтому целесообразно модифицировать алгоритм обучения с учетом динамики объекта управления. Так как в условиях применения рекуррентной архитектуры НС процедура получения производных от ОУ усложняется, целесообразно также применение сети прямого распространения ошибки.



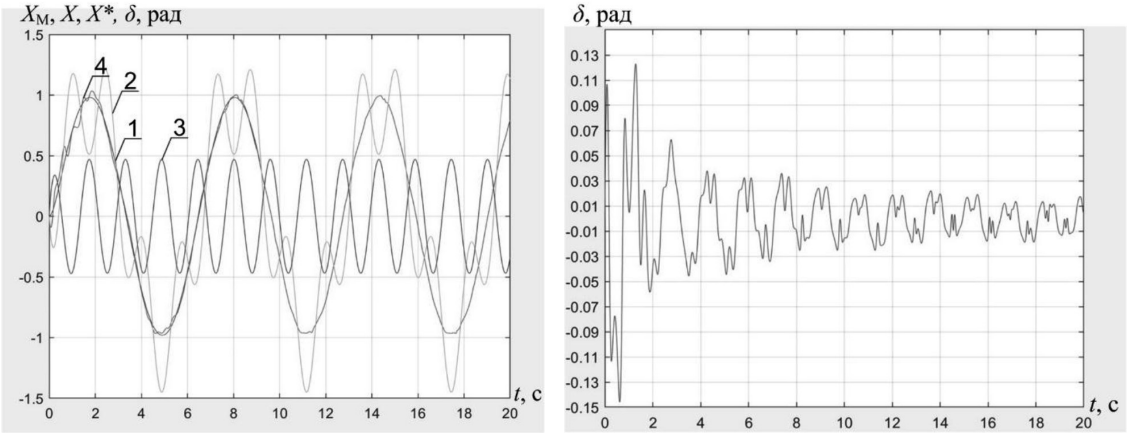
а) *б)*

Рис. 2. Характеристики работы САУ в режиме стабилизации:
а) характеристики САУ в режиме отработки постоянного задающего сигнала без контура коррекции: 1 – эталонное значение регулируемой координаты; 2 – кривая изменения выходной координаты системы при действии возмущения f(t) = 3sin(4t + 1,57); 3 – ошибка;
б) графики ошибок в САУ с контуром коррекции при различных параметрах возмущения: 1 – $f_1(t) = 5\sin(2t + 1{,}57)$; 2 – $f_2(t) = 3\sin(4t + 1{,}57)$; 3 – $f_3(t) = 5\sin(4t + 0{,}7)$



а) *б)*

Рис. 3. Характеристики работы САУ в режиме движения с постоянной скоростью: а) характеристики САУ в режиме движения с постоянной скоростью без контура коррекции: 1 – эталонное значение регулируемой координаты; 2 – кривая изменения выходной координаты системы при действии возмущения f(t) = 3sin(4t + 1,57); 3 – ошибка; б) график ошибки в САУ с контуром коррекции



а) *б)*

Рис. 4. Характеристики работы САУ при отработке гармонического входного сигнала вида y(t) = sint: а) характеристики САУ при отработке гармонического входного сигнала: 1 – эталонное значение регулируемой координаты; 2 – кривая изменения выходной координаты системы без контура коррекции при действии возмущения f(t) = 3sin(4t + 1,57); 3 – ошибка; 4 – кривая изменения выходной координаты с контуром коррекции; б) график ошибки в САУ с контуром коррекции

Анализ точности работы контура коррекции с нейросетевым регулятором с сигмоидальной функцией активации в скрытом слое при отработке гармонического входного сигнала показал большие значения величины рассогласования в контуре системы, чем при использовании НС с логарифмической функцией активации. Однако в данном случае не возникает необходимость в масштабировании выходного сигнала НС, а процесс компенсации устойчив.

Уменьшение времени дискретности НС (что фактически соответствует количеству итераций обучения нейронной сети, приходящемуся на один такт работы системы) приводит к снижению рассогласования выходных величин ОУ и ЭМ при постоянных параметрах НС, поэтому одним из направлений последующей работы является разработка алгоритма определения оптимального параметра дискретности сети.

Результаты исследования также свидетельствуют, что выходной сигнал НС с точностью до коэффициента усиления САУ воспроизводит возмущающее воздействие, то есть предложенные структуры могут применяться также для оценки параметров внешнего неопределенного возмущения при реализации различных алгоритмов управления.

Заключение

Результаты исследования предложенных структур построения систем автоматического управления с нейросетевым регулятором на базе онлайн-обучения свидетельствуют о работоспособности предложенного подхода. Анализ результатов исследования показывает парирование неизмеримого возмущающего воздействия гармонического характера в пределах от 90 до 97%. Однако отсутствие учета динамики объекта управления при формировании алгоритма обучения нейронной сети приводит к росту ошибки отработки гармонического входного сигнала при полигармонических внешних воздействиях в пределах до 15% от величины задающего сигнала. Результаты исследования свидетельствуют, что использование логарифмической функции активации в скрытых слоях при отработки системой гармонического входного сигнала требует также включения в контур коррекции звена с коэффициентом передачи 0,01. Кроме того, в ряде случаев наблюдалась потеря устойчивости процесса компенсации. Поэтому целесообразным является применение сигмоидальной функции активации, процесс компенсации при которой во всех проведенных экспериментах устойчив. Дальнейшие исследования будут направлены на разработку модификации алгоритма обучения нейронной сети с учетом динамики объекта управления и алгоритма определения оптимального параметра дискретности сети с целью повышения точностных характеристик предложенных структур.

В целом результаты исследования свидетельствуют о целесообразности применения предложенного подхода формирования закона управления в робототехнических системах, подверженных влиянию внешних недетерминированных возмущений. Однако для полноценной практической реализации необходима модификация алгоритмов, лежащих в основе предложенного подхода, позволяющая улучшить точностные характеристики системы управления.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 18-08-01126 «а».

Список литературы

1. Цвенгер И.Г., Низамов И.Р. Применение нейросетевых регуляторов в системах управления электроприводами // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 8. С. 111–113.

2. Еременко Ю.И., Глущенко А.И, Фомин А.В. О применении нейросетевого настройщика параметров ПИ-регулятора на тепловых объектах горно-металлургической отрасли в режиме отработки возмущений // Горный информационно-аналитический бюллетень. 2017. № 12. С. 122–133.

3. Прокопович Г.А. Модель нейросетевой ассоциативной памяти для управления манипулятором // Информатика 2012. № 3. С. 16–25.

4. С. Хайкин Нейронные сети: полный курс, 2-е изд.; пер. с англ. М.: ООО «И.Д. Вильямс», 2017. 1104 с. ISBN 978-5-8459-2069-0.

5. Бодров Е.Э., Сафин И.Р. Применение нейросетевого подхода при разработке системы автоматического регулирования толщины и натяжения непрерывного прокатного стана // Автоматизированные технологии и производства. 2013. № 5. С. 242–251.

6. Лекарева А.В. Обеспечение инвариантности ошибки по возмущению в системах автоматического управления траекторными перемещениями технологических объектов // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2016. Т. 16. № 5. С. 787–795.

7. Трофимов В.Б., Кулаков С.М. Интеллектуальные автоматизированные системы управления технологическими объектами. М.: Инфра-Инженерия, 2016. 232 с. ISBN 978-5-9729-0135-7.

8. Кобзев А.А., Лекарева А.В. Комплементарная коррекция в системах управления движением // Оборонная техника. 2017. № 9. С. 22–29.

9. Кобзев А.А., Монахов Ю.М., Лекарева А.В. Реализация комплементарной коррекции в системах автоматического управления траекторными перемещениями технологических объектов с использованием нейросетевого регулятора // Динамика сложных систем – XXI век. 2017. № 4. С. 121–128.

10. Gorban A.N., Wunsch D. The general approximation theorem. Proceedings of the 1998 IEEE International Conference on Neural Networks Proceedings. 1998. vol. 2. P. 1271–1274.

11. Stone M.N. The generalized Weierstrass approximation theorem. Math. Mag. 1948. vol. 21. P. 167–183, 237–254.

12. Еременко Ю.И., Глущенко А.И. О разработке метода выбора структуры нейронной сети для решения задачи адаптации параметров линейных регуляторов // Управление большими системами: сборник трудов. 2016. № 62. С. 75–123.

13. Sheela K.G., Deepa S.N. Review on methods to fix number of hidden neurons in neural networks. Mathematical Problems in Engineering. 2013. vol. 2013. P. 1–11. DOI: 10.1155/2013/425740.

14. Kurkova V. Kolmogorov's theorem is relevant. Neural Computation. 1991. vol. 3. no. 4. P. 617–622.

УДК 621.9.015

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЗАИМОСВЯЗИ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ДЕФОРМИРУЮЩИХ РОЛИКОВ И ЗАГОТОВКИ ПРИ РОТАЦИОННОМ ОБКАТЫВАНИИ НАРУЖНЫХ ЦИЛИНДРИЧЕСКИХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

Лаврентьев А.М.

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

Работа относится к машиностроению, а именно к обработке наружных поверхностей тонкостенных труб ротационным обкатыванием. Исследована возможность исправления формы наружного диаметра тонкостенных труб применением метода ротационного обкатывания цилиндрическими роликами с прямолинейной образующей, установленными на нулевой угол внедрения, с одновременным снижением шероховатости обработанной поверхности. Приведена схема установки для определения параметров контакта при статическом вдавливании деформирующего ролика с прямолинейной образующей в цилиндрическую поверхность. Определены величины глубины полного вдавливания деформирующего ролика, глубины внедрения деформирующего ролика в заготовку, а также остаточной деформации стенки трубы. Глубины полного вдавливания деформирующего ролика и остаточную деформацию стенки трубы определяли методом прямого измерения с применением индикаторов часового типа с ценой деления 0,001мм. Результаты экспериментальных исследований представлены в виде графиков зависимостей глубины полного вдавливания деформирующего ролика, глубины внедрения деформирующего ролика и остаточной деформации стенки тонкостенной трубы от силы деформирования. Показано, что остаточная деформация стенки трубы находится в пределах исправления отклонения от круглости поверхности трубы, при этом глубина внедрения деформирующего ролика обеспечивает усилие, необходимое для обработки поверхностным пластическим деформированием (ППД).

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

EXPERIMENTAL STUDIES OF INTERRELATION OF CONSTRUCTIVE AND TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF THE DEFORMING ROLLERS AND BILLET AT ROTATIONAL ROLLING OF EXTERNAL CYLINDRICAL SURFACES

Lavrentev A.M.

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

Work belongs to mechanical engineering, namely to processing of external surfaces of thin-walled pipes rotational rolling. The possibility of correction of a form of outer diameter of thin-walled pipes by application of a method of rotational rolling by cylindrical rollers with rectilinear forming, established on the zero angle of introduction, with simultaneous decrease in roughness of the processed surface is investigated. The scheme of installation for determination of parameters of contact at static cave-in of the deforming roller with rectilinear forming in a cylindrical surface is provided. Sizes of depth of full cave-in of the deforming roller, depths of introduction of the deforming roller in steel billet are determined and also residual deformation of a wall of a pipe of Depth of full cave-in of the deforming roller and residual deformation of a wall of a pipe determined by method of direct measurement with use of indicators of hour type with the division price 0,001mm. Results of pilot studies are presented in the form of schedules of dependences of depth of full cave-in of the deforming roller, depths of introduction of the deforming roller and residual deformation of a wall of a thin-walled pipe at most of deformation. It is shown that residual deformation of a wall of a pipe is in limits of correction of a deviation from roundness of a surface of a pipe, at the same time depth of introduction of the deforming roller provides the effort necessary for processing with the superficial plastic deformation (SPD).

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

Сегодня, для чистовой обработки поверхностей деталей машин, все чаще используют обработку методами поверхностного пластического деформирования (ППД). Она заключается в том, что под действием инструмента, прижимаемого с заданной силой к обрабатываемой поверхности, происходит пластическое деформирование поверхностного слоя. При перемещении инструмента этот процесс охватывает всю поверхность роликами, широко применяется при обработке цилиндрических поверхностей деталей машин [1]. На величину назначаемого усилия деформирования накладывается ряд ограничений, обусловленных требуемыми параметрами качества обработанной поверхности, производительностью, а при обработке нежестких деталей – непревышением значений, при которых возникает недопустимая деформация заготовки.

Обработка тонкостенных труб осложняется тем, что они представляют собой полый нежесткий вал. Для получения необходимых параметров по качеству по-

верхностного слоя и точности геометрической формы, при обработке приходится применять специальные поддерживающие устройства и значительно снижать режимы обработки. Обработка деталей этого типа подразделяется на черновую и чистовую. На черновых операциях (преимущественно токарная обработка) исправляется форма наружной поверхности, а на чистовых уменьшаются микрогеометрические неровности (абразивная обработка и обработка методами поверхностного пластического деформирования (ППД)).

ППД являются одними из самых производительных и экономичных методов чистовой обработки длинных валов и труб [1, 2]. При ППД роликами достигается высокое качество поверхностного слоя и низкая шероховатость в пределах Ra = 0,16…0,32 мкм [3], что достигается только при таких непроизводительных процессах обработки, как хонингование и суперфиниширование. Качество обработки при ППД не зависит от скорости деформирования, следовательно, производительность ограничена только возможностями оборудования.

Экспериментальные исследования проводились с целью подтверждения адекватности и точности в разработанных и представленных работах [4–6] математических моделей, теоретических исследований процесса ротационного обкатывания, и влияния геометрических параметров деформирующих роликов и технологических режимов процесса обкатывания на повышение точности (цилиндричности) длинных тонкостенных труб малого диаметра. Кроме того, одной из задач решаемых с помощью экспериментальных исследований, является выявление влияние силы деформирования на прогиб стенки трубы с целью выбора наиболее приемлемого варианта его реализации в практических целях.

Полномасштабные экспериментальные исследования возможны на основе разработки и обосновании методики их проведения, разработки и изготовлении необходимых стендов, подобрать в соответствии с техническими характеристиками применяемые приборы и измерительные инструменты и устройства.

Главными факторами, влияющими на показатели уменьшения допуска круглости при высокой производительности и недопущения при этом прогиба стенки трубы, являются геометрические параметры зоны контакта обрабатываемой заготовки и обкатывающего ролика. Параметры этой зоны будут зависеть от угла самоподачи, диаметров деформирующего элемента и заготовки, а также глубины внедрения деформирующего элемента в заготовку.

При проведении экспериментальных исследований в области обработки деталей ППД необходимо учитывать деформацию инструмента и образца, податливость технологической системы. К тому же большую сложность составляет измерение с необходимой точностью геометрических параметров зоны контакта поверхностей деформирующего элемента и экспериментального образца.

Таким образом, разработка методики получения экспериментальных данных с необходимой достоверностью, при оценке параметров контакта, является актуальной задачей.

Материалы и методы исследования

При планировании и подготовке экспериментальных исследований выбиралось необходимое число измерений при заданной погрешности, с использованием определенного метода измерения и конкретного приспособления [7, 8].

Экспериментальные исследования проводились на универсальной установке, примененной в работах 9, 10, схема которой приведена на рис. 1. Для проведения экспериментов установка была модернизирована.

Установка для экспериментального определения величины прогиба стенки тонкостенной трубы (рис. 1) монтируется на столе вертикально-фрезерного станка и состоит из кронштейна 1, который крепится к столу станка болтами 21. К нему с помощью оси 27 закреплен рычаг 2, к которому с противоположной стороны на оси 26 прикреплен подвес 8 на который устанавливаются груза 13, обеспечивающие усилие деформирования. Также на стол станка устанавливается устройство плавного нагружения 6, представляющее собой винтовой домкрат, имеющий на конце шаровую опору 23 и поворотный стол 10. Поворотный стол 10 имеет механизированный привод и позволяет устанавливать экспериментальные образцы под требуемым углом относительно деформирующего ролика 4. На рычаге 2 установлена муфта с седлом 3, имеющая сквозное радиальное отверстие, совпадающее с таким же радиальным отверстием в рычаге 2. Кроме того, к муфте 3 крепится роликодержатель 14, также имеющий отверстие, совпадающее с отверстиями в муфте 3 и рычаге 2. В роликодержателе 14 размещен деформирующий ролик 4, который расположен напротив экспериментального образца 29, установленного в корпусе 1, закрепленном на поворотном столе 10 ботами 18.

Также на поворотный стол 10 устанавливаются две магнитные индикаторные стойки 25, в которых закреплены индикаторы часового типа 7 и 9 с ценой деления 0,001мм (индикаторная стойка индикатора часового типа 9 условно не показана). Через радиальные отверстия муфты 3, рычага 2 и роликодержателя 14 проходит измерительный щуп 11, одним своим концом упирающийся в наконечник индикатора 7, другим в деформирующий ролик 4. Индикатор 9 используется для определения прогиба стенки исследуемого образца 29, через рычаг 12, установленный на поворотном столе 10 в опоре 15, свободно поворачивающемся на оси 16.

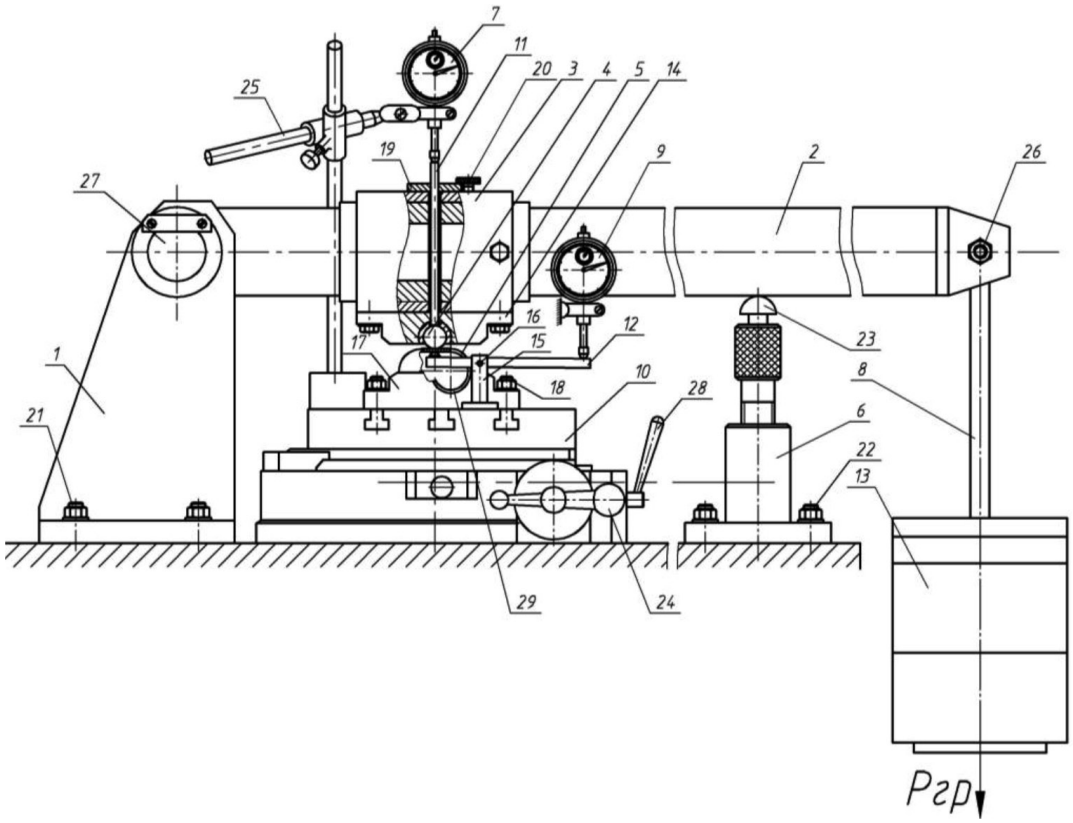


Рис. 1. Схема универсальной установки для экспериментальных исследований: 1 – кронштейн; 2 – рычаг; 3 – муфта с седлом; 4 – деформирующий ролик; 5 – измерительный рычаг; 6 – устройство плавного нагружения; 7, 9 – индикатор часового типа; 8 – подвеска; 10 – поворотный стол; 11 – измерительный щуп; 12 – рычаг для измерения величины прогиба трубы; 13 – грузы. 14 – роликодержатель; 15 – опора; 16 – ось; 17 – корпус; 18, 20, 21 – болт; 19 – шайба; 20 – винт; 23 – шаровая опора; 24 – маховик; 25 – индикаторная стойка; 26 – ось

Экспериментально определение численных значений величины прогиба стенки исследуемого образца 29 производится следующим образом: вращением маховика 24 поворотный стол 10, с закрепленным на нем корпусом 17 устанавливается на требуемый угол, запланированный в методике проведения экспериментальных исследований, относительно деформирующего ролика 4, и фиксируется рукояткой 28. Далее втулка 29 устанавливается в корпус 17 с посадкой H8/h7. Корпус 17 охватывает образец 29, не давая ему деформироваться объемно. Между поверхностями деформирующего ролика 4 и образца 29 помещается тонкая копировальная бумага, с помощью устройства плавного нагружения 6, рычаг 2 с роликом 4 опускается до соприкосновения с поверхностью образца 29, так, чтобы бумага вытягивалась с максимальным натягом и не разрывалась, при этом вся бумага из зоны контакта удаляется, а индикаторы 7 и 9 выставляются в нулевое положение. На подвес 8 устанавливается требуемый груз 13, и с помощью устройства плавного нагружения 6 деформирующий ролик 4 внедряется в поверхность образца 29. Под воздействием ролика 4 стенка экспериментального образца 29 деформируется, перемещая вниз рычаг 12, который другим своим концом перемещается вверх стержень индикатора 9, с которого и снимаются показания. Величину прогиба стенки можно определить, умножив показания индикатора на коэффициент, определяемый величинами плеч рычага 12. Одновременно с этим индикатор 7 через щуп 11 фиксирует величину вертикального перемещения деформирующего ролика 4. Величину внедрения деформирующего ролика 4 в поверхность экспериментального образца 29 можно определить как разницу между показаниями индикатора 9, умноженного на коэффициент, и индикатора 7.

Таким образом, на установке можно провести комплекс экспериментальных исследований влияния усилия деформирования и геометрических параметров деформирующего ролика на глубину внедрения ролика, величину прогиба и остаточной деформации стенки тонкостенной трубы при следующих варьируемых параметрах: усилие деформирования; толщина стенки трубы; угол расположения оси деформирующего ролика по отношению к оси исследуемого образца; твердость и предел временного сопротивления материала заготовки.

Значения параметров проводимых исследований: деформирующий ролик диаметром 17,5–0,03 мм, длиной 50 мм, с шероховатостью наружной поверхности Ra = 0,63 мкм, материал – сталь ШХ15 ГОСТ 801-78; экспериментальные образцы – втулки с наружным диаметром 33,5–0,025 мм, изготавливались из стали

20 ГОСТ 1050-88 с толщинами стенок 1; 2 и 3 мм, шероховатость наружной поверхности Ra = 3,2 мкм, длиной 60 мм; угол установки оси экспериментальных образцов относительно оси деформирующего ролика осуществлялся поворотным столом с ценой деления ±1′ на угол 1,5 и 3 градуса.

Усилие деформирования варьировалось путем изменения количества грузов 13 на подвесе 8. Величина усилия деформирования была получена экспериментальным путем и составила от 2000 Н до 9700 Н. Тарировка производилась следующим образом (рис. 2): взамен поворотного стола на стол станка устанавливался динамометр 4 на подставке 5. При изменении набора грузов 1.

Для повышения адекватности исследуемых параметров, полученных экспериментальным путем, была разработана методика тарирования силы деформирования от величины веса нагружающих грузов, показанная на рис. 2.

Тарирование усилия деформирования осуществляется применением динамометра 4, 5, установленного вместо экспериментального образца на подставке 5. При изменении набора грузов 1 при помощи узла плавного нагружения 3 нагружают динамометр 4. Между показаниями индикатора 7 и деформацией динамометра существует определенная зависимость, которую фиксируют при нагружении рычага 2 грузами 1. Предварительно для установления веса грузов их взвешивают на точных весах. Кроме того на силу деформирования учитывалось также влияние веса свободного плеча рычага 2.

Всего количество применяемых грузов 11 штук, соответствующие им деформирующие усилия, Н: 2000, 2400, 2750, 3500, 4250, 5800, 6500, 7300, 8000, 8800, 9700.

При проведении серии экспериментов по определению величины прогиба стенки тонкостенной трубы при статическом вдавливании в ее поверхность деформирующего ролика варьировался угол самозатягивания и усилие деформирования и толщина стенки трубки.

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты экспериментальных исследований показаны на графиках (рис. 3).

Регрессии зависимостей величины полного перемещения цилиндрического деформирующего элемента при его внедрении в поверхность трубки, в зависимости от изменения силы деформирования, при различных толщинах стенки трубы показаны на рис. 3, а.

При вдавливании ролика в поверхность экспериментального образца, его измеренное перемещение определяется как сумма величины внедрения ролика в поверхность экспериментального образца и деформации стенки экспериментального образца. Из полученных графиков следует, что на всем рассматриваемом диапазоне изменения усилия деформирования (2,0…9,7 кН), зависимости представляют собой выпуклые кривые, монотонно возрастающие от значения $\Delta R = 0{,}05$ мм при толщине стенки трубы 1 мм, и до $\Delta R = 0{,}77$ мм при толщине стенки трубы 3 мм. При деформировании трубы, имеющей меньшую толщину стенки, глубина вдавливания увеличивается.

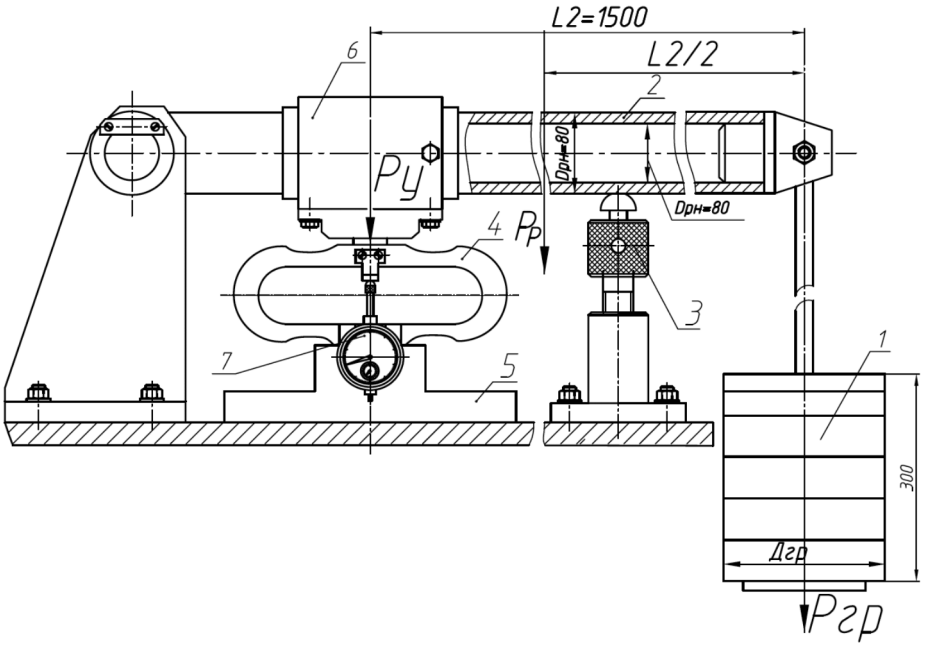
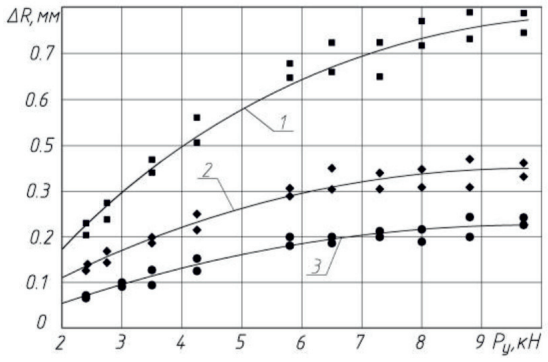
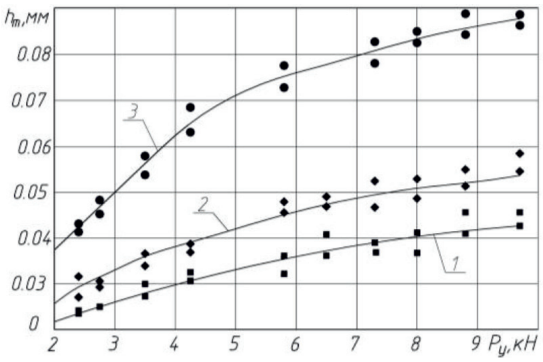


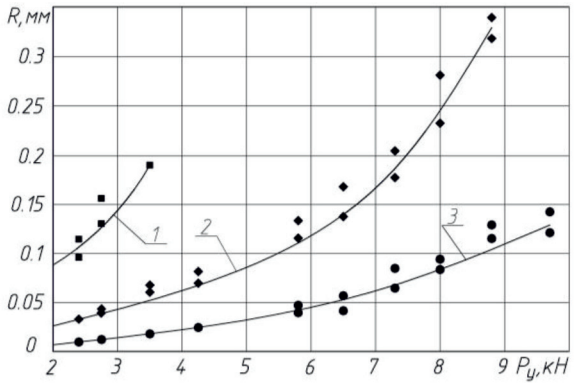
Рис. 2. Схема тарирования усилия деформирования в зависимости от веса грузов: 1 – грузы; 2 – рычаг; 3 – устройство плавного нагружения; 4 – динамометр; 5 – подставка под динамометр; 6 – муфта; 7 – измерительный индикатор



а)



б)



в)

Рис. 3. Экспериментальные зависимости: а) глубины полного вдавливания деформирующего ролика от силы деформирования; б) глубины внедрения деформирующего ролика от силы деформирования; в) остаточной деформации стенки трубы от силы деформирования для стали 5, при толщине стенки трубы: 1 – 1,5 мм; 2 – 2 мм; 3 – 3 мм

На рис. 3, б, представлены зависимости глубины внедрения деформирующего элемента от усилия деформирования. С уменьшением толщины стенки глубина внедрения уменьшается, что объясняется увеличением податливости стенки трубы. Кривые имеют заметную тенденцию к уменьшению угла наклона к оси абсцисс, что говорит о существовании предельных величин внедрения из-за нарастающей величины продавливания стенки. Однако это сопровождается остаточной деформацией стенки трубы, которая также была определена и представлена на рис. 3, в. Остаточные деформации с уменьшением толщины стенки увеличиваются. При толщине стенки 1 мм прикладывание нагрузки свыше 3,5 кН приводит к полному смятию трубки без упругого восстановления, это может служить критерием допустимых величин продавливания для данной трубы.

Выводы

Установлено, что остаточная деформация стенки трубы находится в пределах исправления отклонения от круглости наружного диаметра тонкостенной трубы, при этом глубина внедрения деформирующего ролика обеспечивает усилие, необходимое для обработки ППД и снижения шероховатости.

Список литературы

1. Шнейдер Ю.Г. Инструмент для чистовой обработки металлов давлением. Л: Машиностроение, 1971. 248 с.

2. Коновалов Е.Г., Чистосердов П.С., Фломенблит А.И. Ротационная обработка поверхностей с автоматической подачей. Минск: «Вышейшая школа», 1976. 192 с.

3. Безъязычный В.Ф., Крылов В.Н., Чарковский Ю.К., Шилков Е.В. Технологические процессы механической и физико-химической обработки в машиностроении: учебное пособие. 4-е изд., стер. СПб.: Издательство «Лань», 2017. 432 с.

4. Отений Я.Н., Никифоров Н.И., Лаврентьев А.М., Алабин В.А. Обеспечение точности формы при обработке ротационным обкатыванием длинных толстостенных труб // Упрочняющие технологии и покрытия. 2012. № 7. С. 12–16.

5. Лаврентьев А.М. Разработка математической модели определения параметров контактной зоны при ротационном обкатывании роликом с вогнутой образующей // Фундаментальные исследования. 2016. № 12–4. С. 742–747.

6. Отений Я.Н., Лаврентьев А.М. Разработка математической модели определения параметров контактной зоны ролика и обрабатываемой заготовки при ротационном обкатывании роликами с прямолинейной и выпуклой образующими // Фундаментальные исследования. 2016. № 12–4. С. 766–770.

7. Сидняев Н.И. Теория планирования эксперимента и анализ статистических данных. М.: Изд-во Юрайт, 2018. 495 с.

8. Третьяк Л.Н. Основы теории и практики обработки экспериментальных данных. М.: Изд-во Юрайт, 2018. 237 с.

9. Никифоров Н.И. Определение влияния силы вдавливания конического ролика на деформацию цилиндрических образцов детали // Справочник. Инженерный журнал. 2011. № 9. С. 18–21.

10. Никифоров Н.И. Определение силы деформирования при ППД соответствующей началу шелушения в результате перенаклепа поверхности // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 12–4. С. 599–601.

УДК 004.89

ПОСТРОЕНИЕ ТЕЛЕМЕДИЦИНСКОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И ПОДДЕРЖКИ СОЦИАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА

[1,2]Лебедев Г.С., [1]Клименко Г.С., [3,4]Жовнерчук Е.В., [1]Шадеркин И.А., [1]Кожин П.Б., [1]Галицкая Д.А.

[1]ФГАОУ ВО «Первый МГМУ им. И.М. Сеченова» Минздрава России (Сеченовский университет), Москва, e-mail: rektorat@sechenov.ru;

[2]ООО «Современное программное обеспечение», Москва, e-mail: mail@msw.ru;

[3]ФГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации ФМБА России», Москва, e-mail: info@medprofu.ru;

[4]ФГБНУ «Научно-исследовательский институт медицины труда имени академика Н.Ф. Измерова», Москва, e-mail: info@irioh.ru

В Российской Федерации большое количество детей рождается с расстройствами аутистического спектра, и чем раньше родители заметят, такие нарушения у ребенка и начнут программу реабилитации и лечения, тем выше вероятность его социальной адаптации. Сложности в воспитании такого ребенка заключаются в сложности его обучения вне детских коллективов и сложности его медицинского обслуживания. В этой связи разработка цифровых приложений, облегчающих медицинское обслуживание и обучение детей с РАС на дому, представляется важной и актуальной. В настоящей работе формулируются требования к построению телемедицинской системы, реализующей мониторинг состояния здоровья и поддержки социальной адаптации детей с расстройствами аутистического спектра. Определяется, что система будет представлять из себя информационный ресурс в сети Интернет, включающий в себя аппаратно-программный комплекс дистанционного наблюдения за состоянием здоровья детей на дому, рабочее место врача, ведущего наблюдение за ребенком, систему динамического видеонаблюдения за поведением ребенка с применением методов глубокого обучения искусственных нейронных сетей с ранней диагностикой дезадаптивных реакций, комплекс систем с элементами виртуальной реальности и дополненной реальности для дистанционного обучения и адаптации детей, комплекс интерактивных методик и тестов определения расстройств аутистического спектра в разном возрасте ребенка. Приводятся методы реализации такой телемедицинской системы.

Ключевые слова: цифровая медицина, телемедицина, искусственные нейронные сети, системы виртуальной реальности, расстройства аутистического спектра

BUILDING A TELEMEDICINE SYSTEM FOR MONITORING THE HEALTH STATUS AND SUPPORTING THE SOCIAL ADAPTATION OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDERS

[1,2]Lebedev G.S., [1]Klimenko G.S., [3,4]Zhovnerchuk E.V., [1]Shaderkin I.A., [1]Kozhin P.B., [1]Galitskaya D.A.

[1]I.M. Sechenov First Moscow State Medical University, Moscow, e-mail: rektorat@sechenov.ru;

[2]Firma Modern Software, Moscow, e-mail: mail@msw.ru;

[3]Institute of advanced training of Federal Medical and Biological Agency, Moscow, e-mail: info@medprofu.ru;

[4]Izmerov Research Institute of Occupational Health, Moscow, e-mail: info@irioh.ru

The In the Russian Federation, a large number of children are born with autism spectrum disorders and, the sooner parents notice such disorders in a child, and the rehabilitation and treatment program starts, the higher the likelihood of his social adaptation. The difficulties in raising such a child lie in the complexity of his learning outside of children's groups and the complexity of his medical care. In this regard, the development of digital applications that facilitate medical care and education of such children at home is important and relevant. This paper formulates the requirements for building a telemedicine system that monitors the health status and support social adaptation of children with autism spectrum disorders. It is determined that the system will be an information resource on the Internet, including a hardware and software complex for remote monitoring of children's health at home, the workplace of a doctor monitoring a child, a system of dynamic video surveillance of a child's behavior using deep learning methods artificial neural networks with early diagnostics of reactive reactions, complex systems with elements of virtual reality and augmented reality for remotely trained I Adaptation of Children, set of interactive tools and test definition of autism spectrum disorders in different age of the child. The methods for implementing such a telemedicine system are given.

Keywords: autism spectrum disorders, digital health, telemedicine, artificial neural networks, virtual reality systems

В Российской Федерации большое количество детей рождается с расстройствами аутического спектра (РАС), и чем раньше родители заметят, такие нарушения у ребенка и начнут программу реабилитации и лечения, тем выше вероятность его социальной адаптации.

Расстройства аутистического спектра представляют собой группу комплексных дезинтегративных нарушений психическо-

го развития, характеризующихся отсутствием способности к социальному взаимодействию, коммуникации, стереотипностью поведения, приводящими к социальной дезадаптации.

В классификации DSM-5 [1] такие пациенты объединены общим понятием «расстройство аутистического спектра» (код 299.00 / F84.0). В МКБ-10 есть несколько диагнозов F84.0 – Детский аутизм, F84.1 – Атипичный аутизм. Однако диагноз «расстройство аутистического спектра» в МКБ-10 отсутствует. В версии МКБ-11 2018 г. появилась диагностическая единица «расстройство аутистического спектра» (код 6A02). Распространённость расстройства аутистического спектра в США и других странах оценивается примерно в 1% населения [1].

Пациентов с РАС характеризует длительное хроническое течение заболевания, сложность обучения и социальной адаптации, что требует постоянного наблюдения и, часто, особого ухода за ними. Также у пациентов с РАС со временем заболевание прогрессирует, могут возникать его осложнения или появляться угрожающие жизни коморбидные состояния. Примерно у 20–30% аутичных детей развивается эпилепсия к моменту совершеннолетия. Кататония наблюдается у 12–17% молодых людей с РАС и проявляется отсутствием движения (акинезия), отсутствием речи (мутизмом), длительным сохранением однообразных поз (каталепсии) и восковой гибкостью [2]. Возраст манифестации кататонии – 10–30 лет, с пиком 15–19 лет [3].

Сложности в воспитании такого ребенка заключаются в сложности его обучения вне детских коллективов и сложности его медицинского обслуживания. В этой связи разработка цифровых приложений, облегчающих медицинское обслуживание и обучение детей с РАС на дому, представляется важной и актуальной. Внесение в 2017 г. поправок в Федеральный закон «Об основах здравоохранения граждан в Российской Федерации» [4], связанных с возможностью оказания медицинской помощи с применением телемедицинских технологий, развитие цифровых методов в медицине и образовании позволяют приблизить медицинскую помощь и образование к месту проживания детей с РАС.

Цель исследования: повышение доступности и качества медицинского обслуживания и социальной адаптации на дому детей с РАС за счет применения цифровых технологий.

К цифровым технологиям в медицине в современном понимании мы относим электронный документооборот между врачом пациентом и медицинской организацией, телемедицинские технологии и математические методы обработки медицинских данных.

Материалы и методы исследования

Для достижения поставленной цели при выполнении проекта предполагается решить следующие задачи.

– Разработать методологию медицинского обслуживания детей с РАС на дому, с формированием телемедицинского стационара на дому;

– Разработать аппаратно-программный комплекс дистанционного наблюдения за состоянием здоровья детей с РАС на дому.

– Разработать рабочее место врача, ведущего наблюдение за ребенком на дому.

– Разработать систему динамического видеонаблюдения за поведением ребенка с применением методов глубокого обучения искусственных нейронных сетей с ранней диагностикой дезадаптивных реакций.

– Разработать комплекс интерактивных методик и тестов определения РАС в разном возрасте ребенка.

– Разработать комплекс систем с элементами виртуальной реальности и дополненной реальности для дистанционного обучения и адаптации детей с РАС.

– Сформировать медицинскую и психологическую составляющую мониторинга состояния здоровья, поведения и социальной адаптации ребенка с РАС, разработать телемедицинскую технологию психологической коррекции взрослых (учителей, родителей, социальных работников и т.п.), взаимодействующих с ребёнком с расстройством аутистического спектра.

– Разработать информационный ресурс, аккумулирующий разработанные технологии и обеспечивающий коммуникации между ребенком, родителями (опекунами), медицинскими и социальными работниками, медицинскими и социальными учреждениями.

– Создать, в том числе на основании разработанного ресурса, регистр медицинских информационных технологий для всех заинтересованных в проблематике пользователей (детей и их родителей (опекунов, родственников), медицинских и социальных работников, студентов и преподавателей, ученых, чиновников, вендоров).

– Апробировать разработанный информационный ресурс в институте цифровой медицины (ИЦМ) Сеченовского университета в 2–3 семьях с детьми с РАС.

При реализации проекта будут использоваться метод глубокого обучения искусственных нейронных сетей для обучения системы распознавания движений и мимики ребенка для раннего обнаружения дезадаптивных состояний и других отклонений в поведении, методы виртуальной и дополненной реальности для создания образовательных (обучающих) модулей по выполнению действий, направленных на социальную адаптацию ребенка, телемедицинские технологии для организации дистанционного наблюдения врачом за здоровьем ребенка, технологии интернета вещей (IoT) для управления мобильными медицинскими устройствами (mHealth), методы интеллектуальной обработки данных, для поддержки принятия врачебного решения при анализе данных от мобильных медицинских устройств и автоматизированной обработке анкет.

Результаты исследования и их обсуждение

В рамках выполнения проекта будет создан информационный ресурс, объединяющий несколько прикладных задач, направленных на поддержку дистанционного медицинского обслуживания детей с РАС, обучение и их социальную адаптацию за счет применения цифровых технологий.

В соответствии с задачами проекта будут реализованы следующие мероприятия.

Будет разработана методология медицинского обслуживания детей с РАС на дому, формирования телемедицинского стационара на дому. Примеры подобных решений описаны нами в [5]. Методология будет включать в себя требования к порядку дистанционного медицинского обслуживания пациентов с РАС на дому, правила заключения договоров на медицинское обслуживание, условия оплаты, порядок сбора, обработки медицинской информации, описание математических методов и информационных технологий, применяемых при сборе, передаче и обработке данных, способы визуализации информации, методы защиты персональных данных.

Будет разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) дистанционного наблюдения за состоянием здоровья детей с РАС на дому. В состав АПК будет входить набор мобильных (компактных) медицинских устройств и программный комплекс управления устройствами. Методом эксперимента будет определен необходимый набор мобильных медицинских устройств, позволяющих достаточно точно определить состояние здоровья ребенка и лечащему врачу определить его состояние.

При создании домашнего стационара для пациентов с РАС можно выделить несколько подзадач, которые можно решить с помощью современных аппаратных и программных решений для удаленного мониторинга за психическим состоянием и физиологическими функциями организма и с помощью новых технологий коммуникации дополненной и виртуальной реальности.

– Предупреждение эпилепсии, эпиприпадков, кататонии.

– Контроль поведения и перемещения.

– Повышение эффективности социализации, коммуникации, обучения.

– Контроль развития ребенка с нарушениями, ранняя диагностика.

Из имеющегося арсенала аппаратно-программной продукции, используемой в домашних условиях, способствующих решению поставленных задач, можно выделить следующие:

1. Портативный прибор для электроэнцефалографии (ЭЭГ).

2. Носимый на запястье трекер (в виде браслета):

а) контроль дневной активности;

б) контроль начала, окончания, длительности и фаз сна, ночных вставаний;

в) метка для перемещения в закрытых помещениях;

г) фотоплетизмография: мониторинг пульса, вариабельности сердечного ритма (ВСР), артериального давления;

д) моноканальное ЭКГ;

е) влажность кожных покровов.

3. Инфракрасный ушной термоментр – мониторинг температуры тела.

4. Напольные весы с импедансометрией – мониторинг массы и состава тела.

5. Датчики контроля за состоянием окружающей среды в помещении:

а) датчик температуры;

б) датчик атмосферного давления;

в) датчик влажности;

г) датчик инсоляции (освещенности);

д) датчик электромагнитного излучения;

е) датчик загрязнения воздуха частицами размеров 2,5 нм.

6. Контроль за состоянием внешней среды (метеоданные, космогелиогеофизическая обстановка) из открытых источников информации по географической метке расположения пациента:

а) температура;

б) влажность;

в) атмосферное давление;

г) скорость ветра;

д) солнечная активность;

е) облачность;

ж) геомагнитная активность;

з) время рассвета и заката;

и) загрязнение воздуха частицами размеров 2,5 нм;

к) уровень гравитации.

7. Маяки iBeacon.Технология, работающая внутри помещений, позволяет определения местоположения приборов с Bluetooth (браслет, который выступает в качестве метки) за счет разнесенных по помещению маяков.

8. Видеокамера с программным обеспечением для дистанционного распознавания эмоций при помощи фиксация мимики и движений, определяющего психо-эмоциональное состояние

9. Аппаратно-программный комплекс для психологической релаксации при помощи воздействия виртуальной реальностью

Программный комплекс управления устройствами будет включать следующие функции:

– управление подключением и эксплуатацией ММУ;

– сбор данных с устройств о состоянии здоровья ребенка;

– визуализация данных на компьютере (планшете) пациента;

– передача данных лечащему врачу (опекуну) ребенка.

Возможен режим работы программы, когда данные вводятся вручную по показаниям ММУ.

Будет разработано рабочее место врача (опекуна), ведущего наблюдение за ребенком на дому (рис. 1). Рабочее место врача будет оснащено компьютером (планшетом), подключенным к сети Интернет, и программным обеспечением, позволяющим дистанционно управлять ММУ, принимать сигналы с этих устройств, визуализировать данные о состоянии здоровья пациентов, обрабатывать данные с применением математических методов, подключать систему поддержки принятия врачебных решений, обеспечивать проведение видеосеансов с пациентом, сохранять данные в электронной медицинской карте пациента. Система поддержки принятия врачебных решений (СППВР) должна мониторировать значение показателей и предупреждать врача (опекуна) при отклонениях от допустимых значений, обрабатывать полученные данные с применением математических методов (включая методы искусственного интеллекта), предоставлять их врачу в удобном для принятия решения виде.

Будет разработана система динамического видеонаблюдения за поведением ребенка с применением методов глубокого обучения искусственных нейронных сетей [6] с ранней диагностикой реактивных состояний и других отклонений в поведении (рис. 2, 3). Такая система будет устанавливаться по месту проживания ребенка и будет включать в себя набор видеокамер (оптимально 3 шт.), установленных в зоне постоянного пребывания ребенка и программное обеспечение, позволяющее принимать видеосигналы с видеокамер и распознавать действия пациента, мимику пациента с применением базы знаний, выполненной в виде искусственной нейронной сети. Система позволит определять действия ребенка (сон, пробуждение, падение, движение, выполнение элементарных функций), а также по мимике ребенка выявлять на ранней стадии развитие эпилептического припадка, другие реактивные состояния. База знаний системы, составленная в процессе глубокого обучения искусственной нейронной сети, будет сформирована в процессе настройки системы путем съемки различных манипуляций с привлечением артистов, других детей. В процессе эксплуатации системы будет проводиться ее дообучение.

Будет разработан комплекс интерактивных методик и тестов определения РАС в разном возрасте ребенка. В качестве применяемых методик будут использованы методики, признанные международным сообществом и одобреные к применению в России [7–9]. Адаптированные варианты методик к Российской Федерации приведены в [10, 11]. Методики будут представлять из себя интерактивные тесты, сгруппированные по возрасту ребенка и направленные на выявление возможных отклонений в развитии. Каждая методика будет обрабатываться в соответствии с разработанным алгоритмом и предоставлять врачу, родителям ребенка, опекунам предложения по его состоянию и возможной коррекции этого состояния. Набор методик будет наполняться по мере появления новых. В системе должна быть предусмотрена возможность формирования анкет и применения методов обработки данных.

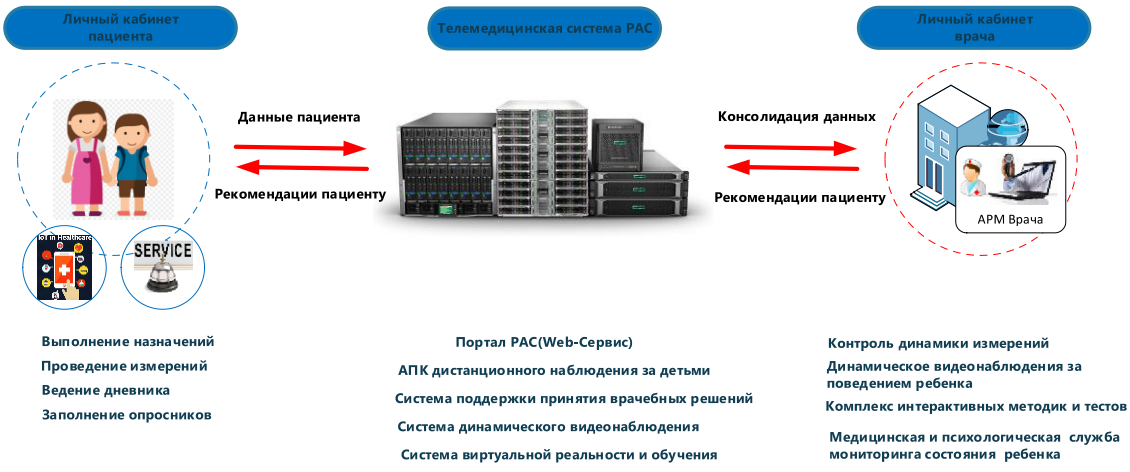


Рис. 1. Общая схема работы телемедицинской системы

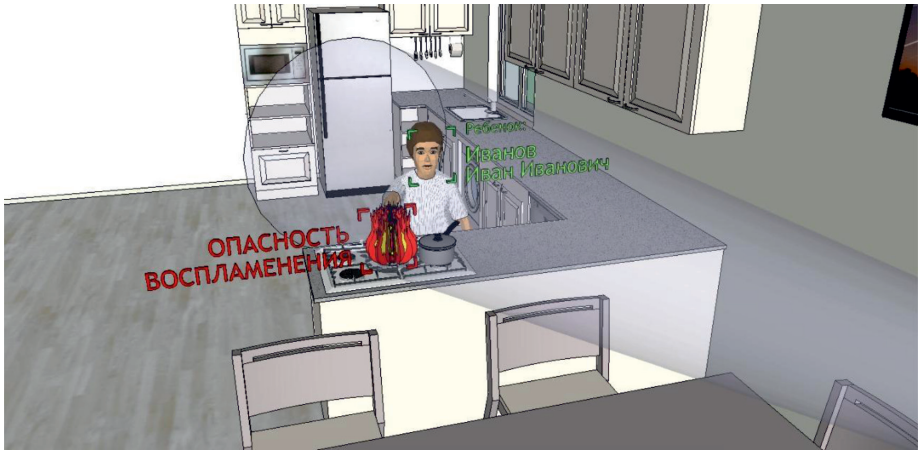


Рис. 2. Картинка с видеокамеры, установленной в комнате ребенка

Рис. 3. Модель организации видеонаблюдения за ребенком

Будет разработан комплекс систем с элементами виртуальной реальности и дополненной реальности для дистанционного обучения и адаптации детей с РАС. Программы виртуальной реальности (VR), как тип трехмерных компьютерных программ, широко используются в качестве учебного механизма для детей с РАС. VR предлагает особые преимущества для детей с РАС: моделирование реальных ситуаций реального мира в тщательно контролируемой и безопасной среде [12, 13]. Существует серьезная проблема в разработке надежных и полезных технологий, которые действительно могут повлиять на занятия в реальных классах. Комплексы виртуальной реальности будут представлять из себя набор, состоящий из шлема виртуальной реальности, перчаток (джойстиков) виртуальной реальности, компьютера (планшета) и программы управления. Назначение комплексов будет различным: от погружения ребенка в виртуальную реальность для его отвлечения и проведения с ним в этот период медицинских и других манипуляций, до обучения повседневным функциям с целью социальной адаптации. Комплексы будут поставляться в семьи, где проживает ребенок, или социальные учреждения. По результатам исследований у дети с РАС предполагается ответить на следующие вопросы:

– положительно ли воспринимают и понимают технологии VR;

– они любят использовать VR;

– могут извлечь из него новую информацию (о реальном мире);

– реагируют на VR таким образом, который предполагается;

– они не считают виртуальные сцены восприимчивыми и, действительно, демонстрируют большее взаимодействие с иммерсивным дисплеем, чем без этой функции.

По эмпирическому прогнозу положительные результаты могут быть опосредо-

ваны возрастом и уровнями способностей участников.

Главной целью применения VR технологий при РАС на наш взгляд является повышение адаптации ребенка с РАС. Основываясь на имеющихся данных, направленность исследования будет:

– на повышение коммуникативных функций;

– распознавание эмоций;

– обучение;

– нормализацию двигательной активности;

– дополнительные исследования механизмов РАС.

На базе Сеченовского университета будет сформирована пилотная медицинская и психологическая служба мониторинга состояния здоровья, поведения и социальной адаптации ребенка с РАС, для управления информационной системой, сбора и обработки данных, дистанционного мониторинга детей на дому, которая будет состоять из врачей психиатров и психологов. Техническое и математическое сопровождение системы будет осуществляться институтом цифровой медицины. Присоединение ребенка к дистанционному обслуживанию будет осуществляться после его оформления на медицинское обслуживание в Сеченовском университете и проведения очного медицинского обследования.

В результате исследования будет разработан информационный ресурс, аккумулирующий использованные технологии и обеспечивающие коммуникации между ребенком, родителями (опекунами), медицинскими и социальными работниками, медицинскими и социальными учреждениями. Информационный ресурс будет располагаться в Сеченовском университете и будет содержать разделы: дистанционного тестирования, дистанционного мониторинга состояния здоровья, распознавания движений и психоэмоционального состояния, обучения с помощью виртуальной реальности, информационного взаимодействия врачей, психологов, родителей (опекунов) между собой в процессе эксплуатации системы.

Помимо этого будет создан регистр медицинских информационных технологий для повышения доступности и качества медицинского обслуживания и социальной адаптации детей с РАС, представляющий собой единый онлайн-сервис сбора и анализа медицинской информации с примерной архитектурой, представленной на рис. 4.

Разработанный информационный ресурс буде апробирован в институте цифровой медицины Сеченовского университета, на 2–3 семьях с детьми РАС.

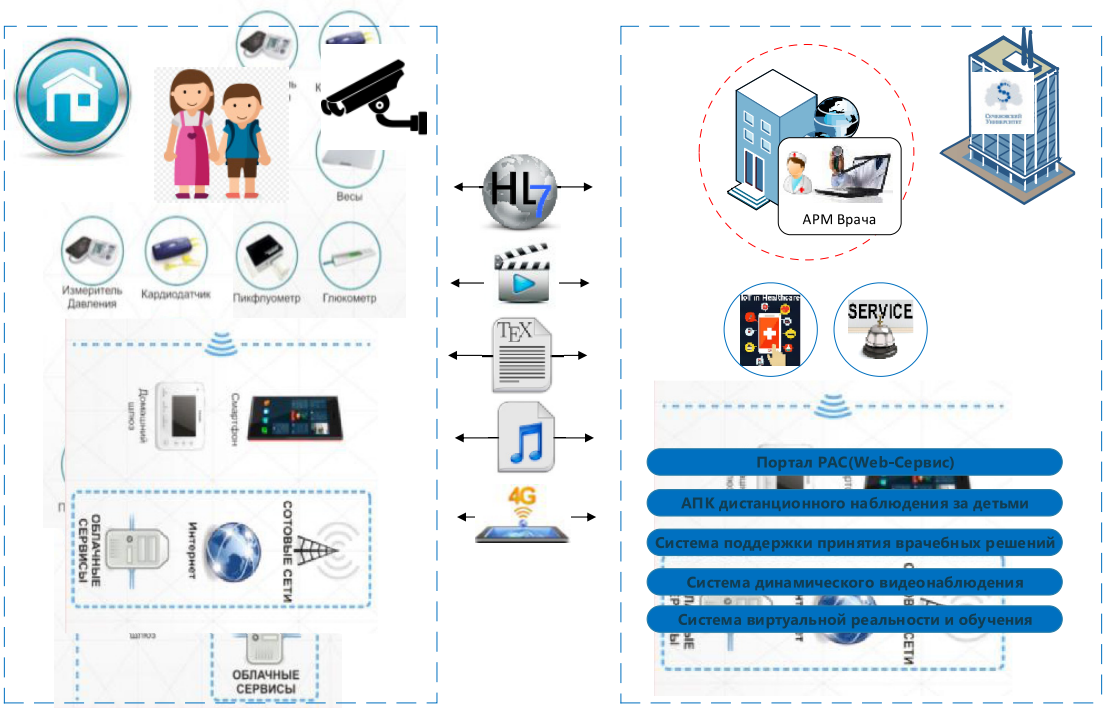


Рис. 4. Архитектура телемедицинской системы

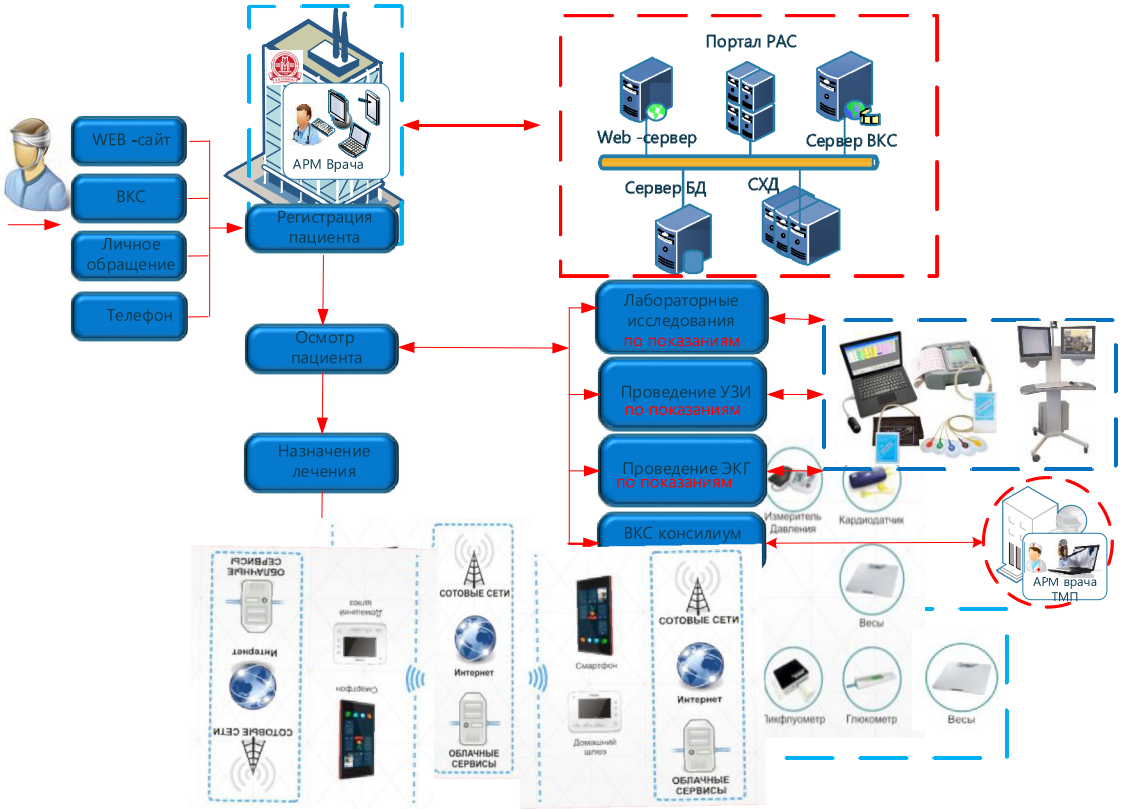


Рис. 5. Модель применения телемедицинской системы

Заключение

В результате исследования будет создан информационный ресурс в сети Интернет на базе Сеченовского университета, который будет обеспечивать дистанционное взаимодействие врачей и психологов Сеченовского университета с родителями детей с РАС (рис. 5). Каждый родитель ребенка сможет зарегистрироваться, пройти открытый тест для своего ребенка. В случае выявленных нарушений проконсультировать его у врача Сеченовского университета и прикрепить его для постоянного мониторинга на дому. Для каждого ребенка будет предложена индивидуальная программа реабилитации, которая будет осуществляться с применением разрабатываемого ресурса, включая обучение с элементами виртуальной реальности, лечение и наблюдение под контролем квалифицированных специалистов.

После проведения разработки и апробации решение будет предложено для более широкого изучения и использования в Российской Федерации и Европе в рамках программы ERASMUS+.

Общая модель взаимодействия участников системы показана на рис. 5.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ 18-07-00987.

Список литературы

1. Diagnostic and Statistical Manual of Mental Disorders. Fifth Edition (DSM–5) // American Psychiatric Association. Arlington, VA: American Psychiatric Publishing, 2013. 992 p. ISBN 978-0-89042-554-1. ISBN 978-0-89042-555-8. ISBN 0-89042-554-X [Электронный ресурс]. URL: https://www.psychiatry.org/psychiatrists/practice/dsm (дата обращения 11.12.2018).

2. Eds. S. Hossein Fatemi, Paula J. Clayton. The Medical Basis of Psychiatry. Springer New York, 2016. P. 463. ISBN 978-1-4939-2527-8. DOI: 10.1007/978-1-4939-2528-5.

3. Wing, L., Shah A. Catatonia in autistic spectrum disorders // The British Journal of Psychiatry. Cambridge University Press (CUP). 2000. № 176 (4). P. 357–362. DOI: 10.1192/bjp.176.4.357.

4. Федеральный закон «Об основах охраны здоровья граждан в Российской Федерации» от 21.11.2011 № 323-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_121895/ (дата обращения: 11.12.2018).

5. Лебедев Г.С., Шадеркин И.А., Фомина И.В., Лисненко А.А., Рябков И.В., Качковский С.В., Мелаев Д.В. Интернет медицинских вещей: первые шаги по систематизации // Журнал телемедицины и электронного здравоохранения. 2017. № 3 (5). С. 128–136 [Электронный ресурс]. URL: http://jtelemed.ru/article/internet-medicinskih-veshhej-pervye-shagi-po-sistematizacii (дата обращения: 11.12.2018).

6. Lebedev G., Klimenko H., Kachkovskiy S., Konushin V., Ryabkov I., Gromov A. Application of artificial intelligence

methods to recognize pathologies on medical images // International Conference on Knowledge Based and Intelligent Information and Engineering Systems, KES2018. 3–5 September 2018, Belgrade, Serbia / Procedia Computer Science. 2018. Vol. 126. P.1171–1177. DOI: 10.1016/j.procs.2018.08.055.

7. Лорд К. с соавт. ADOS-2. План диагностического обследования при аутизме, вторая версия: руководство / Пер. на русский язык и адаптация А. Сорокина, Е. Давыдовой, К. Салимовой. Western Psychological Services; Giunti O.S., 2016.

8. Раттер М., Бэйли Э., Лорд К. SCQ. Социально-коммуникативный опросник: руководство / Перевод на русский язык и адаптация А. Моховикова, О. Донец, Е. Давыдовой, А. Сорокина [Б. м.]: Western Psychological Services; Giunti O.S., 2014. 40 с.

9. Schopler E., Reichler R.J., DeVellis R.F., Daly K. Toward objective classify cation of childhood autism: Childhood Autism Rating Scale (CARS). J. Autism Dev. Disord. 1980 Mar. № 10 (1). P. 91–103 [Электронный ресурс]. URL: https://www.scirp.org/journal/PaperInformation.aspx?PaperID=40316 (дата обращения: 11.12.2018).

10. Баенская Е.Р. Ранняя диагностика и коррекция РАС в русле эмоционально-смыслового подхода // Аутизм и нарушения развития. 2017. Т. 15. № 2. С. 32–37. DOI: 10.17759/autdd.2017150203.

11. Сорокин А.Б., Давыдова Е.Ю. Изучение особенностей поведения и общения у детей ясельного возраста с подозрением на наличие расстройства в спектре аутизма при помощи «Плана диагностического обследования при аутизме» ADOS-2 // Аутизм и нарушения развития. 2017. Т. 15. № 2. С. 38–44. DOI: 10.17759/autdd.2017150204.

12. Alves S., Marques A., Queirós C., Orvalho V. LIFEisGAME Prototype: A serious game about emotions for children with autism spectrum disorders // PsychNology Journal. 2013. № 11 (3). P. 191–211 [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/288393928_LifeisGame_prototype_A_serious_game_about_emotions_for_children_with_autism_spectrum_disorders (дата обращения: 11.12.2018).

13. Gal E., Bauminger N., Goren-Bar D., Pianesi F., Stock O., Zancanaro M., Weiss P. L. Enhancing social communication of children with high-functioning autism through a co-located interface // AI & Society. 2009. № 24 (1). P. 75–84. DOI: 10.1007/s00146-009-0199-0.

УДК 004.81

УПРАВЛЕНИЕ КАЧЕСТВОМ ОБРАЗОВАНИЯ НА ОСНОВЕ НЕЧЕТКОГО КОГНИТИВНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Габдуллина Э.Р.

ФГБОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, e-mail: gabdullina_er@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы разработки моделей процессов анализа и управления качеством образования. Предлагается подход, основанный на определении траекторий достижения целевых индикаторов качества образования с использованием технологий инженерии знаний. Предложена функциональная схема модели управления качеством образования. Проведена структуризация показателей качества образования, выделены управляющие, целевые показатели и показатели, характеризующие текущее состояние системы образования. Для анализа и поддержки принятия решений по управлению качеством образования проводится когнитивное моделирование. На основе статистических данных с использованием методов статистического и интеллектуального анализа разработана нечеткая когнитивная карта (НКК). С помощью алгоритма Силова проводится статический анализ НКК для поиска прямого и опосредованного влияния концептов друг на друга. Выполнен анализ интегральных системных показателей построенной НКК, по результатам которого определены наиболее значимые концепты, оказывающие наиболее сильное влияние на состояние системы образования. Формируется положительно-отрицательная транзитивно замкнутая матрица взаимовлияния концептов, по которой определяются максимально положительные и отрицательные траектории перехода из управляющих концептов в целевые. Множество построенных траекторий перехода, определенных по НКК, целесообразно использовать для формирования нечетких правил принятия решений по управлению качеством образования.

Ключевые слова: нечеткие когнитивные карты, качество образования, схема управления, интеллектуальные алгоритмы, траектории перехода

EDUCATION QUALITY MANAGEMENT ON THE BASIS OF FUZZY COGNITIVE MODELING

Makarova E.A., Zakieva E.Sh., Gabdullina E.R.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: gabdullina_er@mail.ru

The article deals with the development of models of the processes of analysis and management of the quality of education. An approach based on determining the trajectories of achieving the target indicators of the quality of education using knowledge engineering technologies is proposed. A functional diagram of the education quality management model is proposed. The structuring of indicators of the quality of education has been carried out, the managers, target indicators and indicators characterizing the current state of the education system have been identified. To analyze and support decision making on the quality management of education, cognitive modeling is carried out. Based on statistical data using the methods of statistical and intellectual analysis, a fuzzy cognitive map (FCM) has been developed. Using the Sylow algorithm, a static analysis of FCM is carried out to search for the direct and indirect influence of the concepts on each other. The analysis of the integral system indicators of the constructed FCM is performed, the results of which determine the most significant concepts that have the strongest influence on the state of the education system. A positive-negative transitively closed matrix of the mutual influence of concepts is formed, which determines the most positive and negative trajectories of the transition from control concepts to target ones. The set of transition paths defined by the FCM, it is advisable to use to form fuzzy rules for making decisions on the management of the quality of education.

Keywords: fuzzy cognitive maps, quality of the education, control circuit, intelligent algorithms, transition paths

Для повышения качества образования как приоритетного направления государственной политики РФ в государственной программе Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 гг. [1] определены целевые индикаторы и объемы финансовых ресурсов на мероприятия по реализации социальной политики. Управление реализацией Программы предполагает проведение мониторинга [2] достижения целевых показателей качества образования субъектов федерации.

Проблема управления качеством образования как сложной системой связана с множеством целей управления: повышением качества дошкольного, дополнительного, школьного, профессионального образования, обеспечением кадрами системы образования, финансовым обеспечением, обновлением инфраструктуры системы образования и т.д. Вместе с тем высокая степень неопределенности протекающих в системе экономических процессов, меняющихся требований рынка труда и социальных изменений может негативно повлиять на уровень достижения целевых показателей [3], что отражается на удовлетворенности населения качеством образовательных услуг, на эффективности использования направленных на образование бюджетных

средств, на обеспечении потребностей экономики высококвалифицированными кадрами по приоритетным направлениям и т.д.

Одним из подходов к повышению эффективности управления является подход, основанный на определении траекторий достижения целевых индикаторов качества образования с использованием технологий инженерии знаний. В статье предлагается процедура реализации этого подхода.

Материалы и методы исследования

В рамках проводимых исследований разработана функциональная схема (рис. 1) модели системы управления качеством образования.

Нижний уровень управления качеством образования реализован в виде замкнутого контура и направлен на достижение целевых координат образовательной системы $Y^0 = \{Y_i^0\}$. К *целевым* индикаторам качества образования относятся: Y_1^0 – «Удельный вес трудоустроившихся выпускников образовательных организаций по программе бакалавриата»; Y_2^0 – «Удельный вес трудоустроившихся выпускников образовательных организаций по программе высшего образования – специалитет, магистратура»; Y_3^0 – «Удельный вес трудоустроившихся выпускников образовательных организаций по программе среднего профессионального образования (подготовка квалифицированных рабочих, служащих)»; Y_4^0 – «Удельный вес трудоустроившихся выпускников образовательных организаций по программе среднего профессионального образования (подготовка специалистов среднего звена)»; Y_5^0 – «Удельный вес численности занятого населения в возрасте 25–65 лет, прошедшего повышение квалификации и (или) профессиональную подготовку»; Y_6^0 – «Удельный вес сектора учреждений высшего образования во внутренних затратах на исследования и разработки».

Показатели $P = \{P_i\}$ характеризуют качество образования, измеряются объективно и являются *внутренними* (промежуточными) параметрами модели качества образования. Показатели описывают широту охвата населения различными образовательными программами: P_1 – «Охват детей начальным общим, основным общим и средним общим образованием (7–17 лет)»; P_2 – «Охват молодежи образовательными программами среднего профессионального образования – программами подготовки квалифицированных рабочих, служащих (15–17 лет)»; P_3 – «Охват молодежи образовательными программами среднего профессионального образования – программами подготовки специалистов среднего звена (15–19 лет)»; P_4 – «Охват молодежи образовательными программами высшего образования (17–25 лет); P_5 – «Численность аспирантов на 100 студентов»; P_6 – «Охват детей в возрасте от 5 до 18 лет программами дополнительного образования»; P_7 – «Численность лиц, обученных в организации по дополнительным профессиональным программам, на 10000 человек населения»; P_8 – «Численность лиц, обученных в организации по программам повышения квалификации, на 10000 человек населения»; P_9 – «Численность лиц, обученных в организациях по программам профессиональной переподготовки, на 10000 человек населения».

Система образования функционирует в условиях неопределенности внешней среды, характеризующихся возмущениями $F = \{F_i\}$ в виде изменения факторов рынка труда, социально-экономических условий и т.д.

Рис. 1. Функциональная схема модели управления качеством образования

Верхний уровень управления построен с целью анализа результатов функционирования системы образования и принятия решений, направленных на повышение качества образования путем корректировки распределения объемов финансовых ресурсов образовательных организаций основных ступеней (общего, среднего профессионального, высшего) образования. Выделены векторы управляющих воздействий: U_1 – «Общий объем финансирования всех образовательных организаций, реализующих программы общего образования, тыс. руб/чел.»; U_2 – «Объем финансирования образовательных организаций высшего образования, тыс. руб/чел.»; U_3 – «Объем поступивших средств в среднее профессиональное образование, тыс. руб/чел.». на основе сформированных экспертной системой решений по управлению качеством образования. Реализация верхнего уровня управления осуществляется на основе интеллектуальных алгоритмов с использованием методов интеллектуального анализа данных, когнитивного и нейро-нечеткого моделирования.

Для моделирования, прогнозирования и поддержки принятия решений по управлению качеством образования как сложной слабоструктурированной, слабоформализуемой системой используется универсальный инструментарий понимания поведения сложных систем – аппарат когнитивных карт (КК). Применение КК обусловлено возможностью наглядного представления системы в виде взаимосвязанных друг с другом концептов, возможностью интерпретации причинно-следственных связей между концептами и построением траекторий достижения одних концептов через другие [4].

Построение когнитивных карт проводится на основе статистических данных о результатах обследования качества образования по регионам РФ, предоставленных Федеральной службой государственной статистики [5] и Единой межведомственной информационно-статистической системой по регионам РФ [6] за 2015/2016 гг. С целью определения количества значимых признаков в исходных данных проводится интеллектуальный анализ данных методом главных компонент, результатом которого является окончательно сформированный набор концептов когнитивной карты. С учетом результатов проведенной структуризации показателей качества образования [7] формируются соответственно управляющие, промежуточные и целевые концепты КК.

Далее проводится поиск причинно-следственных зависимостей между концептами на основе корреляционно-регрессионного анализа; строится когнитивная карта (рис. 2) и выполняется ее экспертное оценивание. Направления связей на КК определены на основе регрессионного анализа, а значения весовых коэффициентов связей установлены с помощью корреляционного анализа [8]. Влияние целевых концептов на управляющие концепты обозначено на рисунке пунктирными линиями.

Поскольку направленные ребра графа построенной когнитивной карты отражают не только причинно-следственные связи между концептами, но и позволяют различать интенсивность взаимовлияния между ними в диапазоне действительных чисел [–1, 1], становится возможным применять аппарат *нечеткого* когнитивного моделирования.

Впервые предложенные Б. Коско [9], нечеткие когнитивные карты (НКК) в дальнейшем подвергались различным модификациям с целью моделирования сложных систем. В данной работе используются НКК В.Б. Силова [10], в которых отношения между концептами рассматриваются как элементы нечеткой матрицы смежности для графа НКК; а проблема обработки отрицательных влияний решается путем удвоения мощности множества концептов и их раздельной обработки.

Для решения задач когнитивного моделирования [11] вводится каузальная алгебра, в основе которой лежат макстриангулярные операции с нечеткими матрицами, когда нечеткие значения выходных концептов рассчитываются с использованием характерных для нечеткой логики операций *T*- и *S*-норм над нечеткими значениями входных концептов и весов влияния.

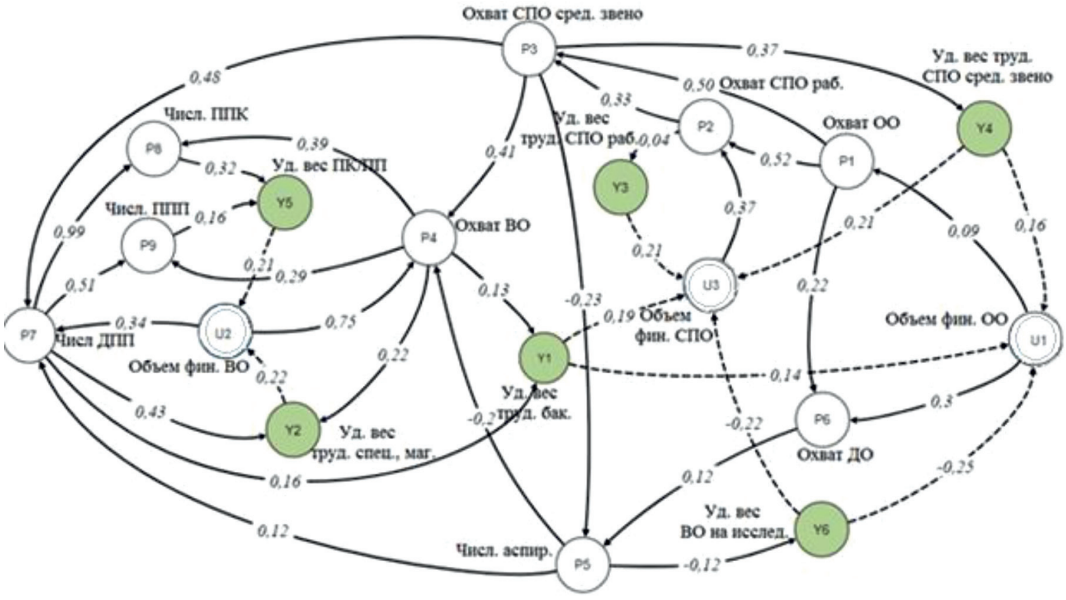


Рис. 2. Нечеткая когнитивная карта для анализа качества образования

НКК Силова представляют собой сеть $G = (K, W)$, где K – множество концептов; W – множество связей, причем элементы нечеткого отношения $w_{ij} = W(K_i, K_j) \in [-1, 1]$ характеризуют направление и степень интенсивности (вес) влияния между концептами K_i и K_j: При статическом анализе когнитивных карт Силова проводится нахождение итогового (совокупного) взаимовлияния концептов друг на друга с учётом прямого и опосредованного влияния и строится матрица взаимовлияния.

Для построения матрицы взаимовлияний вначале строится матрица положительных связей $R = [r_{kq}]_{2n\times 2n}$, в которой элементы r_{kq} определяются из матрицы $W = [w_{ij}]_{n\times n}$ путем следующей замены: если $w_{ij} > 0$, то $r_{2i\text{-}1,2j\text{-}1} = w_{ij}$, $r_{2i,2j} = w_{ij}$, если $w_{ij} < 0$, то $r_{2i\text{-}1,2j} = w_{ij}$, $r_{2i,2j\text{-}1} = -w_{ij}$, остальные элементы принимают нулевое значение. Затем формируется матрица взаимовлияния концептов, состоящая из положительно-отрицательных пар элементов, характеризующих максимальные положительные и отрицательные причинно-следственные пути между всеми концептами; такая матрица строится путем транзитивного замыкания по формуле: $\check{R} = \bigvee_{l=1}^{\infty} R^l$, причем в R существуют двойные связи, представленные положительно-отрицательной парой $(v_{ij}, \overline{v_{ij}})$: $v_{ij} = \max(r_{2i-1,2j-1}, r_{2i,2j})$, $\overline{v_{ij}} = -\max(r_{2i\text{-}1,2j} = w_{ij}, r_{2i,2j\text{-}1})$.

На основе транзитивно замкнутой матрицы рассчитываются системные показатели когнитивной карты: консонанс, диссонанс и воздействие или влияние концептов [12]. Для построенной НКК в таблице представлены интегральные показатели консонанса (диссонанса) влияния системы на концепт, консонанса (диссонанса), влияния концепта на систему, а также показатели, нормированные к сумме всего консонанса (диссонанса) системы.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ интегральных системных показателей построенной когнитивной карты выявил высокий уровень консонанса (меры доверия к знаку и силе воздействия). Высокие значения влияния концепта на систему у концептов U_2 (0,17) и P_3 (0,17) свидетельствуют о том, что объем финансирования образовательных организаций высшего образования оказывает наиболее значительное воздействие на качество образования, а показатели охвата молодежи образовательными программами подготовки специалистов среднего звена (15–19 лет) в большей степени характеризуют качество образования. Дальнейший анализ выявил концепты, наименее влияющие на качество образования в целом – это концепты P_5 (–0,02); P_6 (0,03), характеризующие численность аспирантов и охват детей дополнительным образованием.

Интегральные показатели консонанса (диссонанса) влияния системы на концепт, консонанса (диссонанса) влияния концепта на систему, а также показатели, нормированные к сумме всего консонанса (диссонанса) системы

Название концептов	Консонанс влияния системы на концепт	Диссонанс влияния системы на концепт	Консонанс влияния концепта на систему	Диссонанс влияния концепта на систему	Влияние системы на концепт	Влияние концепта на систему
U_1	0,90	0,10	0,83	0,17	0,02	0,04
U_2	0,85	0,15	0,90	0,10	0,05	0,17
U_3	0,92	0,08	0,92	0,08	0,04	0,05
P_1	0,92	0,08	0,89	0,11	0,01	0,15
P_2	0,95	0,05	0,91	0,09	0,06	0,08
P_3	0,96	0,04	0,90	0,10	0,06	0,17
P_4	0,92	0,08	0,90	0,10	0,10	0,08
P_5	0,42	0,58	0,52	0,48	–0,02	0,01
P_6	0,93	0,07	0,58	0,42	0,03	0,01
P_7	0,94	0,06	0,90	0,10	0,09	0,15
P_8	0,87	0,13	0,90	0,10	0,21	0,03
P_9	0,85	0,15	0,90	0,10	0,12	0,02
Y_1	0,86	0,14	0,86	0,14	0,04	0,03
Y_2	0,85	0,15	0,90	0,10	0,10	0,05
Y_3	0,95	0,05	0,93	0,07	0,00	0,02
Y_4	0,97	0,03	0,86	0,14	0,04	0,04
Y_5	0,86	0,14	0,90	0,10	0,11	0,05
Y_6	0,47	0,53	0,84	0,16	0,00	–0,05

Помимо системных показателей на основе положительно-отрицательной транзитивно замкнутой матрицы можно определять максимально положительные и отрицательные траектории. Для решения этой задачи используется алгоритм, который выполняет функцию интеллектуального когнитивного агента (ИКА-алгоритм) и позволяет аналитику определить траектории перехода через концепты. Например, при определении траекторий между управляющим концептом U_2 и целевым концептом Y_2 (0,165; –0,00003) выявлено, что позитивная траектория проходит через концепты: $U_2 \xrightarrow{0,75} P_4 \xrightarrow{0,22} Y_2$, а отрицательная траектория – через $U_2 \xrightarrow{0,75} P_4 \xrightarrow{0,13} Y_1 \xrightarrow{0,19} U_3 \xrightarrow{0,37} P_2 \xrightarrow{0,33} P_3 \xrightarrow{-0,23} P_5 \xrightarrow{0,12} P_7 \xrightarrow{0,43} Y_2$. Таким образом, при распределении финансовых ресурсов для увеличения целевого концепта необходимо направить средства на поддержание концепта P_4 – «Охват молодежи образовательными программами высшего образования». Отметим, что множество траекторий перехода из управляющих концептов в целевые, определенные по когнитивной карте, образует нечеткие правила принятия решений по управлению качеством образования. Значения концептов, входящих в траектории перехода, формируют обучающую выборку, которая служит основой нейро-нечеткого моделирования и используется для решения задач прогнозирования и принятия решений.

Заключение

Предложена процедура реализации подхода к разработке моделей процессов анализа и управления качеством образования, основанная на определении траекторий достижения целевых индикаторов качества образования с использованием технологий инженерии знаний. Процедура предполагает построение схемы модели управления качеством образования, интеллектуальный анализ показателей качества образования, проведение когнитивного моделирования, включающего построение когнитивных карт, формирование траекторий перехода между управляющими и целевыми концептами, разработку нечетких правил принятия решений, а затем использование нейро-нечетких моделей для принятия решений по управлению качеством образования.

Проведена структуризация показателей, характеризующих качество образования, сформированы множества управляющих, промежуточных и целевых концептов. Предложена двухуровневая функциональная схема модели управления качеством образования, в которой нижний уровень реализован в виде замкнутого контура управления, а верхний уровень представляет собой систему управления с использованием технологий инженерии знаний.

Построена когнитивная модель, по результатам анализа которой определены концепты и связи НКК; определены системные показатели НКК, позволяющие выявить концепты, наиболее сильно влияющие на качество образования, и, наоборот, системы образования на концепт; сформированы траектории перехода между управляющими и целевыми концептами, позволяющие построить нечеткие правила принятия решений по управлению качеством образования. Установлено, в частности, что для повышения качества образования наилучшим распределением финансовых ресурсов является поддержание концепта «Охват молодежи образовательными программами высшего образования».

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-08-01155 А «Интеллектуальная поддержка принятия решений при управлении многоотраслевым производственным комплексом как многосвязным динамическим объектом на основе нейросетевого и имитационного моделирования».

Список литературы

1. Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 гг. от 15 мая 2013 г. № 792-р [Электронный ресурс]. URL: http://минобрнауки.рф/документы/3409 (дата обращения: 20.11.2018).

2. Приказ Минобрнауки России «Об утверждении методики расчета показателей мониторинга системы образования» от 11 июня 2014 № 657 [Электронный ресурс]. URL: http://base.garant.ru/70721990/ (дата обращения: 20.11.2018).

3. Макларен Н.Б., Шорохова М.А., Сиротина И.Л. Качество жизни и качество образования: проблема соотношения // Интеграция образования. 2015. Т. 19. № 4. С. 72–77.

4. Борисов В.В., Круглов В.В., Федулов А.С. Нечеткие модели и сети. М.: Горячая линия – Телеком, 2007. 284 с.

5. Регионы России. Социально-экономические показатели // Информационно-аналитические материалы Федеральной службы государственной статистики. 2016 [Электронный ресурс]. URL: http://www.gks.ru/bgd/regl/b17_34/Main.htm (дата обращения: 20.11.2018).

6. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс]. URL: https://www.fedstat.ru (дата обращения: 20.11.2018).

7. Ильясов Б.Г., Герасимова И.Б., Макарова Е.А., Закиева Е.Ш. Объективно-субъективный подход к оценке качества жизни // Качество. Инновации. Образование. 2016. № 2 (129). С. 47–57.

8. Макарова Е.А., Закиева Е.Ш., Габдуллина Э.Р., Махмутова А.Э. Алгоритмы формирования знаний для построения когнитивной модели качества жизни в сфере высшего образования на региональном уровне // Информационные технологии интеллектуальной поддержки принятия решений: труды IV межд. конф. (Уфа, 17–19 мая, 2016). 2016. Т. 2. С. 54–59.

9. Kosko B. Fuzzy cognitive maps. Int. Journal of Man-Machine Studies. 1986. Vol. 24. P. 65–75.

10. Силов В.Б. Принятие стратегических решений в нечеткой обстановке. М.: ИНПРО-РЕС, 1995. 228 с.

11. Черняховская Л.Р., Герасимова И.Б., Салаватова А.Р., Мухамедрахимова Л.Н. Оценка влияния социально-психологических факторов на качество подготовки студента с применением нечетких когнитивных карт // Вестник УГАТУ. 2014. Т.18. № 4 (65). С. 134–141.

12. Васильев В.И., Савина И.А., Шарипова И.И. Построение нечетких когнитивных карт для анализа и управления информационными рисками вуза // Вестник УГАТУ. 2008. Т. 10. № 2 (27). С. 199–209.

УДК 533.95:004.9

ТЕХНОЛОГИИ ОРГАНИЗАЦИИ И ПРОВЕДЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ДИНАМИКИ ПЛАЗМЫ

Манкаева Г.А., Джимбеева Л.Н., Дертеев С.Б., Михаляев Б.Б.

ФГБОУ ВО «Калмыцкий государственный университет им. Б.Б. Городовикова», Элиста, e-mail: mankaeva.galina@yandex.ru

Появление в последние десятилетия новых средств наблюдений и исследовательских технологий дает дополнительную информацию, полезную для изучения физических явлений и процессов на Солнце. При выборе математической модели и технологий исследования также необходимо учитывать структуру и физические свойства среды, в которой протекают процессы. В данной статье рассмотрены задачи о распространении облаков плазмы в межпланетном магнитном поле. Рассмотрено численное моделирование системы магнитогидродинамических уравнений с учетом диссипативных эффектов. Проведен анализ оценок видимых скоростей ядер корональных выбросов масс (КВМ), моделирование процесса распространения до расстояний в несколько десятков радиусов Солнца является трехмерной задачей. В диссипативном приближении широко используются уравнения так называемой термодинамической магнитной гидродинамики, где учитываются физические эффекты, а именно вязкость, теплопроводность, электрическое сопротивление. Необходимо учитывать структуру межпланетного магнитного поля при изучении движения КВМ. Создание комплекса вычислительных программ по реализации задач динамики корональных выбросов массы на Солнце, с учетом физических эффектов магнитной гидродинамики, является основной целью работы. В данном комплексе будут учтены конкретные данные о КВМ, внешней среде. В данном комплексе программ учтены технологические ограничения.

Ключевые слова: компьютерное моделирование, физика плазмы, динамика выбросов плазмы, МГД-моделирование, MAS-код, технология численного решения

TECHNOLOGY OF THE ORGANIZATION AND DERIVING OF SCIENTIFIC RESEARCHES IN PLASMA DYNAMICS PROBLEMS

Mankaeva G.A., Dzhimbeeva L.N., Derteev S.B., Mikhalyaev B.B.

Kalmyk State University, Elista, e-mail: mankaeva.galina@yandex.ru

The emergence in recent decades of new means of observation and research technologies provides additional information useful for studying physical phenomena and processes on the Sun. When choosing a mathematical model and research technologies, it is also necessary to take into account the structure and physical properties of the environment in which the processes occur. This article deals with the problems of plasma cloud propagation in an interplanetary magnetic field. The numerical simulation of the system of magnetohydrodynamic equations with allowance for dissipative effects is considered. An analysis of estimates of the apparent velocities of coronal mass ejections of masses (CMEs) has been carried out, the simulation of the propagation process up to distances of several tens of the radii of the Sun is a three-dimensional problem. In the dissipative approximation, the equations of the so-called thermodynamic magnetohydrodynamics are widely used, where physical effects are taken into account, namely, viscosity, thermal conductivity, electrical resistance. It is necessary to take into account the structure of the interplanetary magnetic field when studying the motion of a CME. Creating a complex of computational programs for the implementation of the tasks of the dynamics of coronal mass ejections on the Sun, taking into account the physical effects of magnetic hydrodynamics, is the main goal of the work. This complex will take into account specific data on the CME, the external environment. This set of programs takes into account technological limitations.

Keywords: computer modeling, plasma physics, dynamics of plasma emissions, MHD modeling, MAS-code, technology of numerical solution

В научных исследованиях используются различные технологии, в том числе компьютерное моделирование. Большое значение имеет выбор подходящих методов и подходов при решении конкретных задач. Например, в физике плазмы широко используется подход, основанный на применении численных методов при решении уравнений магнитной гидродинамики.

Одним из перспективных направлений таких исследований стал учет различных физических и технологических факторов при постановке и численного решения задач динамики выбросов плазмы на Солнце. Этот класс задач, несмотря на его значимость, мало исследован, что связано, прежде всего, со значительными трудностями в построении алгоритмов их решения. Применение новых технологий разработки программ, использующих современный аппарат математического моделирования, способствует достижению высоких технологических показателей и повышению критерия качества решения.

В конкретных ситуациях, при выборе технологии численного решения важно учитывать те или иные физические эффекты магнитной гидродинамики, а именно вязкость, теплопроводность и электрическое сопротивление плазмы, а также правильно подбирать начальные и граничные условия.

В настоящей работе рассматриваются задачи о распространении облаков плазмы в межпланетном магнитном поле, задаются определенные конфигурации магнитного поля и начальных условий. Обсуждаются различные подходы к её решению, в том числе и технологические.

Материалы и методы исследования

Для решения системы уравнений идеальной магнитной гидродинамики использовался численный метод – схема WENO (weighted essentially non-oscillatory). WENO-схема базируется на локальном характеристическом разложении волн. Во-первых, потоки разделяются в каждом семействе волн. Затем они дробятся в положительной и отрицательной частях по глобальному или локальному делению потока Лакса – Фридрихса. Впоследствии потоки на границах ячеек создаются по WENO-аппроксимации.

Теоретические исследования динамики корональных выбросов массы (КВМ), как крупномасштабного явления, обычно проводятся в приближении магнитной гидродинамики. Проблема гидродинамического описания здесь осложняется необходимостью учета структуры магнитного поля, которая в большинстве случаев не является очевидной. В связи с тем, что постановка задачи о моделировании КВМ не является однозначной ни с физической, ни с математической точки зрения особенно важен выбор технологического подхода. Поэтому задача определения технологических показателей численного решения делает актуальной проблему построения соответствующих математических моделей, выбора подходящего технологического критерия качества, а также разработки численных методов решения соответствующих задач.

История наблюдений КВМ насчитывает около полувека, однако использование в последнее время различных новых технических средств позволило получить большое количество подробных данных, из которых можно сделать ряд заключений о характере этого явления. Отдельной важной проблемой является описание механизма запуска КВМ, которое здесь мы не затрагиваем. Наша задача – показать существующие возможности технологии МГД-моделирования для объяснения основных наблюдаемых свойств КВМ. С этой точки зрения удобно выбрать кинематические параметры явления – скорость и ускорение.

Оценки видимой скорости ядер КВМ дает значения от 20 до 1500 км/с, случаи больших скоростей существуют, но редки [1] (рис. 1). Кинематическая классификация позволяет разделить КВМ на медленные и быстрые, причем первые имеют тенденцию к ускорению (рис. 2), по крайней мере, в поле видимости коронографа, вторые – к замедлению [1–2]. Подобное усреднение скоростей объясняется действием потока солнечного ветра, среднее значение которого находится около 400 км/с.

Одним из часто обсуждаемых вопросов, связанных с изучением возникновения и динамики КВМ, является роль магнитного пересоединения. В настоящее время принято считать, что вспышки, эрупция протуберанцев и КВМ есть составные части единого процесса глобальной магнитной эрупции. Согласно стандартной модели вспышки/КВМ, магнитное пересоединение играет ключевую роль на начальной стадии эрупции, когда процесс развивается в нижних, относительно плотных областях короны.

В обзоре [3] подробно проанализированы кинематические свойства 6621 событий, наблюдавшихся при помощи SOHO/LASCO. Замедленное движение (DD CME) оказалось далеко не характерным для их динамики и наблюдалось только в 1797 из рассмотренных случаев, в то время как в 2132 случаях наблюдалось ускорение (AA CME). Наблюдалось также движение со знакопеременным ускорением: ускорение с последующим замедлением (AD CME, 1482 случая) и даже замедление с последующим ускорением (DA CME, 1210 случаев). Обозначена корреляция кинематических свойств с условиями возникновения КВМ: тип AA наблюдается перед вспышками, тип DD – после вспышек, в других случаях подобная корреляция не очевидна.

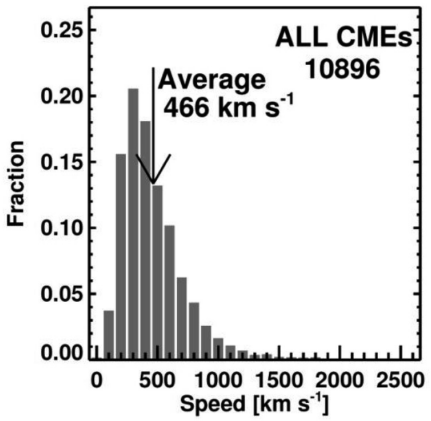


Рис. 1. Распределение КВМ по скоростям [1]

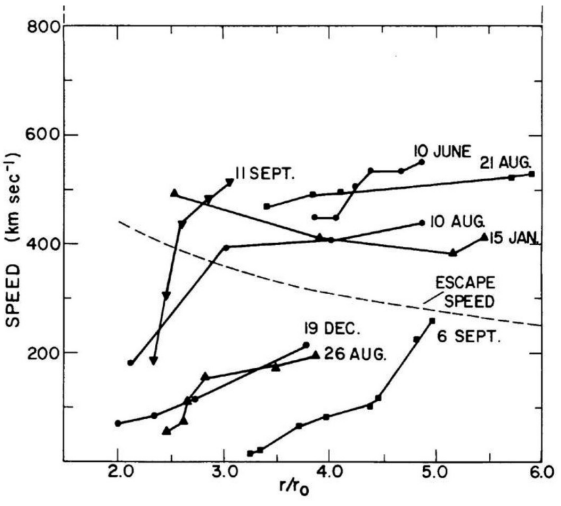


Рис. 2. Изменение скорости КВМ с расстоянием от Солнца [2]

Подобная статистика свидетельствует о неоднозначности в целом динамики КВМ и существовании множества факторов, приводящих к этому результату. Механизм их распространения в гелиосфере так же до конца не понят, как и механизм начального ускорения. На распространение могут оказывать влияние как солнечный ветер (аэродинамическое торможение), так и ударная волна, возникающая впереди самого облака КВМ [4].

Адекватное моделирование процесса распространения КВМ до расстояний в несколько десятков $R_\odot$ является существенно трехмерной задачей, которая требует для своего решения солидных технических и программных ресурсов. В последние годы оно становится доступным для широкого круга исследователей, что объясняет появление целого ряда работ на эту тему. Для постановки задачи требуется определить модель процесса, то есть необходимо сформулировать уравнения, начальные и граничные условия, первоначальный вид можно задать в виде петли [5], например можно задать начальные условия магнитного поля, которые зависят от ускорения КВМ [6, 7]:

$$\begin{cases} B_{rCME}(r,\theta,\varphi) = -\dfrac{1}{r^2\sin\theta}\dfrac{\partial\psi(r,\theta,\varphi)}{\partial\theta} \\ B_{\theta CME}(r,\theta,\varphi) = \dfrac{1}{r\sin\theta}\dfrac{\partial\psi(r,\theta,\varphi)}{\partial\theta} \end{cases},$$

$$\psi(r,\theta,\varphi) = \psi_0\left(a(r,\theta,\varphi) - \frac{a_{CME}}{2\pi}\sin\left(\frac{2\pi a(r,\theta,\varphi)}{a_{CME}}\right)\right). \quad (1)$$

Имеется много работ с использованием уравнений идеальной МГД. Распространены также модели, где учитываются диссипативные эффекты:

$$\frac{\partial\rho}{\partial t} + div(\rho v) = 0,$$

$$\frac{\partial\mathbf{B}}{\partial t} = \mathrm{rot}(v\cdot\mathbf{B}) + \frac{c^2}{4\pi\sigma}\Delta\mathbf{B},$$

$$\frac{1}{\gamma-1}\left(\frac{\partial T}{\partial t} + v\cdot\nabla T\right) = -T\nabla\cdot v - \frac{m_p}{2k\rho}\left(\nabla\cdot q + n_e n_p Q(T) - H_{ch}\right),$$

$$\rho\left(\frac{\partial v}{\partial t} + v\cdot\nabla v\right) = -\nabla p + \frac{1}{4\pi}rot\mathbf{B}\times\mathbf{B} + \rho g + \nabla\cdot(\nu\rho\nabla v),$$

$$p = p(\rho,T),$$

$$q = \begin{cases} -\varkappa\nabla T, R_\odot \le r \lesssim 10R_\odot \\ \alpha n_e kTv, r > 10R_\odot \end{cases}, \quad (2)$$

где ρ – плотность, v – скорость, $\mathbf{B}$ – вектор магнитной индукции, σ – коэффициент электропроводности, T – температура, k – постоянная Больцмана, m_p – масса протона, γ – адиабатический коэффициент, n_e, n_p – концентрация электронов и протонов, p – давление, g – ускорение свободного падения, ν – динамическая вязкость, H_{ch} – функция нагрева солнечной короны, $Q(T)$ – функция радиационных потерь, $\varkappa$ – коэффициент теплопроводности, α – постоянная. Даже система уравнений (2) не является полным набором всех МГД уравнений. Решение системы уравнений (2) сводится к нахождению скорости или координат КВМ в виде зависимости или численных значений. При решении возникает ряд проблем, которые связаны с заданием магнитного поля, распределения температуры, плотности, вида функций радиационных потерь и нагрева солнечной короны.

Из-за вращения Солнца и наличия активных областей общее магнитное поле все время меняет свою конфигурацию, поэтому можно использовать только приближенные полуэмпирические зависимости вектора магнитной индукции от времени и координат, одной из главных проблем астрофизики до сих пор является задача нагрева солнечной атмосферы и, соответственно, неизвестны распределения температуры и плотности, а функцию H_{ch} можно только выбирать различными способами, отталкиваясь от конкретной используемой модели, для построения функции радиационных потерь нужно учитывать множество факторов, в том числе химический состав. Также можно упростить систему, если рассматривать полностью ионизованную водородную плазму, тогда функция состояния выглядит так:

$$p = p(\rho,T) = \frac{k}{m_p}\rho T. \quad (3)$$

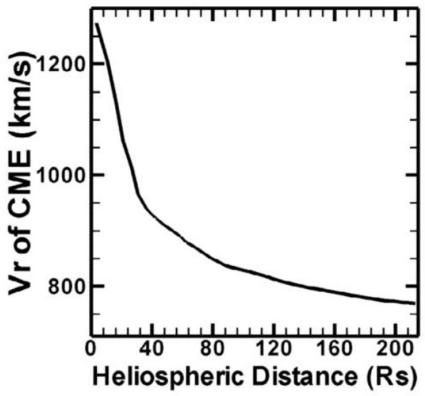


Рис. 3. Изменение скорости КВМ с расстоянием [7]

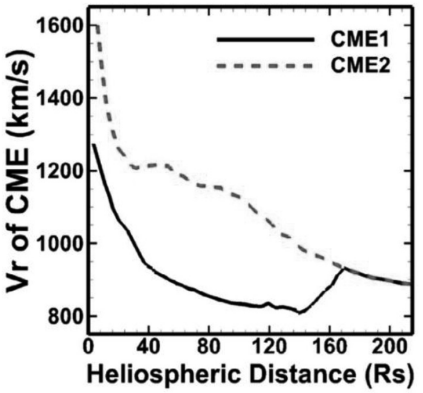


Рис. 4. Иллюстрация процесса взаимодействия двух КВМ [7]

Типичным примером подхода на основе идеальной МГД можно считать модели, в которых начальное положение КВМ задается аналитически магнитной трубкой, а окружающая среда представлена в виде упрощенной модели солнечного ветра с учетом эффектов гравитации и дополнительных источников нагрева [5, 6]. Область, в которой разворачивается картина движения, обычно простирается от расстояний порядка $1R_{\odot}$ до нескольких десятков и сотен $R_{\odot}$.

Более реалистичный подход должен основываться на конкретных данных о КВМ и внешней среде на определенную дату. Необходимо также отметить, что свойство идеальности в некоторой степени является относительным при численном моделировании, поскольку влияние искусственной вязкости способно привести к тем же результатам, которые могут дать вполне реальные диссипативные эффекты.

На рис. 3 и 4 показаны результаты моделирования события от 28–31 марта 2001 г. [7]. Силы, приводящие к замедлению движения КВМ, в данном случае есть силы аэродинамического торможения, магнитного натяжения и гравитационного притяжения. Силы, приводящие к ускорению, – это силы магнитного и газового давлений. На движение может влиять также обмен моментом количества движения с солнечным ветром, особенно значительно этот эффект проявляется при взаимодействии двух различных КВМ.

В диссипативном приближении широко используются уравнения так называемой термодинамической МГД, в которых учтены вязкость, теплопроводность, электрическое сопротивление, а также излучение и нагрев короны [8, 9]. Для численного моделирования разработан код MAS (Magnetohydrodynamic Algorithm outside a Sphere) с расчетами в сферических координатах, в данном коде используется система уравнений (2). Имеются версии с векторным потенциалом, что освобождает от проблемы выполнения условия $div\vec{B} = 0$.

MAS-код используется при моделировании начального выброса. Для описания движения КВМ в межпланетном пространстве используется его гелиосферная версия, где в уравнении для энергии исключены диссипативные эффекты, нагрев и радиационные потери, но в уравнении для момента количества движения учтены сила Кориолиса и центростремительная сила. При описании движения межпланетных КВМ учитывается также структура межпланетного магнитного поля.

Результаты исследования и их обсуждение

После упрощения системы дифференциальных уравнений для МГД (2) и использования схемы WENO получим распределение плотности в солнечной атмосфере под воздействием КВМ. Благодаря данной схеме погрешности имеют незначительный характер. Задача о динамике облака плазмы решается в приближении двумерной МГД. На плоскости декартовых координат XOY облако задается определенной формы, в данном случае в виде круга. В начальный момент времени облако находится у левой границы области в виде прямоугольника.

Для определения начальных данных потребуется задать распределения плазмы и магнитного поля внутри и вне круга. Распределения внутри круга, описывающие КВМ, будет осесимметричным. Распределение поля вне круга, изображающее внешнее поле, имеет однородный характер на большом удалении от КВМ, то есть от круга.

Заключение

При помощи MAS-кода было проведено моделирование вспышки Бастилия и связанных в ней двух КВМ [9]. Расчеты дали значение скорости, на 200 км/с меньшее наблюдавшейся скорости, что могло привести к задержке времени по прогнозу прибытия КВМ в область околоземного пространства. Одной из возможных причин рассматривается возможность того, что эффекты вязкости и электрического сопротивления в уравнениях МГД оказываются чрезмерными по сравнению с реальными. Таким образом, в результатах моделирования могут появляться артефакты.

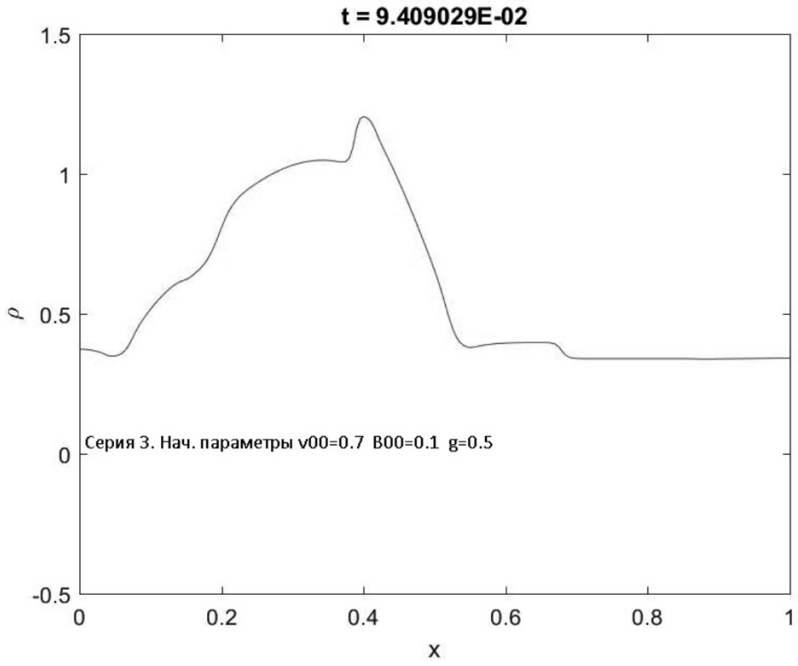


Рис. 5. Начальное распределение плотности вещества в солнечной короне под действием КВМ

Значительные достижения в компьютерном моделировании и разработке технологических решений позволяют развивать следующие задачи:

– численное решение задач динамики корональных выбросов массы (КВМ) на Солнце;

– численное исследование физических эффектов магнитной гидродинамики в динамике КВМ.

Они формулируются как задачи математического программирования, в которых учитываются различные технологические ограничения в виде соответствующих критериев. Основные результаты работы получены на основе современных технологий математического моделирования и численного исследования динамики КВМ.

Список литературы

1. Webb D.F., Howard T.A. Coronal Mass Ejections: Observations. Living Reviews in Solar Physics. 2012. 9. 3. DOI: 10.12942/lrsp-2012-3.

2. Chen P.F. Coronal Mass Ejections: Models and Their Observational Basis. Living Reviews in Solar Physics. 2011. 8. 1. DOI: 10.12942/lrsp-2011-1.

3. Nicewicz J., Michalek G. Classification of CMEs based on Their Dynamics. Solar Physics. 2016. vol. 291. issue 5. P. 1417–1432. DOI: 10.1007/s11207-016-0903-4.

4. Howard T. Coronal Mass Ejections: An Introduction. New York: Springer, 2011. 244 p.

5. Poedts S., Jacobs C., van der Holst B., et al. Numerical simulations of the solar corona and Coronal Mass Ejections. Earth, Planets and Space. 2009. vol. 61. issue 5. P. 599–602.

6. Shen F., Shen C., Zhang J. et al. Evolution of the 12 July 2012 CME from the Sun to the Earth: Data – constrained three – dimensional MHD simulations. Journal of Geophysical Research: Space Physics. 2014. vol. 119. P. 7128–7141. DOI: 10.1002/2014JA020365.

7. Shen F., Wu S.T., Feng X., Wu C.-C. Acceleration and deceleration of coronal mass ejections during propagation and interaction. Journal of Geophysical Research: Atmospheres. 2012. vol. 117. A11101.

8. Lionello R., Downs C., Linker J.A., et al. Magnetohydrodynamic simulations of interplanetary coronal mass ejections. The Astrophysical Journal. 2013. vol. 777. no. 1. A76. DOI: 10.1088/0004-637X/777/1/76.

9. Torok T., Downs C., Lionello R., et al. Sun-to-Earth MHD Simulation of the 2000 July 14 «Bastille Day» Eruption. The Astrophysical Journal. 2018. vol. 856. no. 1. A75.

УДК 712-1

БЛАГОУСТРОЙСТВО ДЕТСКИХ ИГРОВЫХ ПРИДОМОВЫХ ПЛОЩАДОК

Месенева Н.В.

Владивостокский государственный университет экономики и сервиса, Владивосток, e-mail: natalya.meseneva@vvsu.ru

В статье рассматриваются вопросы благоустройства и реконструкции детских игровых придомовых площадок и предложены рекомендации по созданию более комфортной дизайн-среды детских площадок. Цель реконструкции игровых площадок состоит в повышении качества жизни жителей района и создании гармоничной среды в реконструируемых дворах района. Целью данной работы является выявление современных теоретических и практических тенденций при проектировании и реконструкции дизайн-среды игровых площадок. Научная актуальность проблемы благоустройства площадок заключается в необходимости обновления архитектурно-дизайнерской теории с точки зрения более гуманного отношения к проблемам общества. В статье ставится задача изучить существующие проблемы, имеющиеся в области благоустройства и дизайна игровых детских придомовых площадок. Применение новейших материалов и технологий в современных проектах. Концепция статьи состоит в организации более качественной среды детских придомовых территорий многоквартирных комплексов. Благоустройство игровых детских придомовых площадок организовывает и улучшает экологическую, климатическую, санитарно-гигиеническую и эстетическую среду района. В результате выполненных исследований определены основные составляющие организации благоустройства игровых придомовых площадок, новые тенденции при проектировании и реконструкции благоустройства детских игровых придомовых площадок.

Ключевые слова: архитектура, город, дизайн, благоустройство, концепция, ландшафт, проектирование, реконструкция, эргономика

IMPROVEMENT OF CHILDREN'S GAMING HOUSE SITES

Meseneva N.V.

Vladivostok State University of Economics and Service, Vladivostok, e-mail: natalya.meseneva@vvsu.ru

The article deals with the issues of improvement and reconstruction of children's playgrounds and offers recommendations for creating a more comfortable design environment of playgrounds. The purpose of the reconstruction of playgrounds is to improve the quality of life of the residents of the district and create a harmonious environment in the reconstructed yards of the district. The purpose of this work is to identify modern theoretical and practical trends in the design and reconstruction of the design environment of playgrounds. The scientific relevance of the problem of landscaping sites is the need to update the architectural and design theory in terms of a more humane attitude to the problems of society. The article aims to study the existing problems in the field of improvement and design of children's playgrounds. Application of the latest materials and technologies in modern projects. The concept of the article is to organize a better environment for children's adjoining territories of apartment complexes. Improvement of children's playgrounds organizes and improves the environmental, climatic, sanitary and aesthetic environment of the district. As a result of the research, the main components of the organization of improvement of playgrounds, new trends in the design and reconstruction of the improvement of children's playgrounds.

Keywords: architecture, city, design, landscaping, concept, landscape, design, reconstruction, ergonomics

В статье рассмотрены проблемы реконструкции и проектирования детских игровых придомовых площадок в г. Владивостоке. Исследован современный отечественный и зарубежный опыт благоустройства детских придомовых площадок. На основе выявленных проблем определены основные приемы и методы реконструкции и проектирования детских придомовых площадок.

Цель исследования: выявление современных принципов и тенденций организации дизайна среды детских игровых придомовых площадок и примыкающим к ним пространств. Научная актуальность проблемы состоит в необходимости систематического обновления архитектурно-дизайнерской теории с точки зрения её гуманизации и более внимательного отношения к проблемам человека и общества.

Целью дизайна как феномена современной культуры является содействие повышению качества жизни людей и совершенствование социально-культурных отношений между ними путем формирования гармоничной среды во всех сферах жизнедеятельности людей для удовлетворения всего многообразия их материальных и духовных потребностей [1, с. 37].

Материалы и методы исследования

В статье ставится задача изучить проблемы, имеющиеся в области благоустройства игровых детских придомовых площадок, подчеркивается важность благоустройства детских площадок для комфортной и здоровой жизни общества. В работе для решения задач исследования применены общетеоретические методы научных разработок.

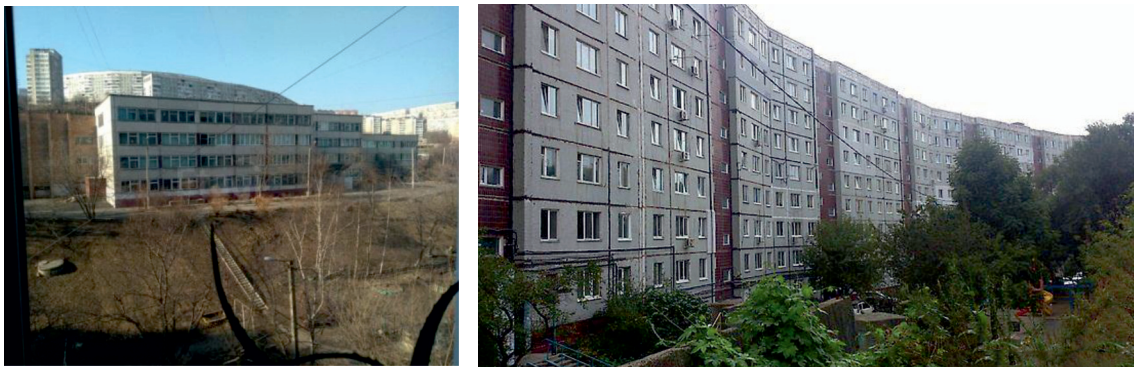


Рис. 1. Детские игровые площадки по ул. Невельского, 13, 15, 17 в г. Владивостоке

Результаты исследования и их обсуждение

Концепция статьи заключается в организации более качественной среды детских придомовых территорий многоквартирных комплексов. В настоящее время горожане все больше внимания обращают на состояние придомовых территорий. Благоустройство игровых детских придомовых площадок может заметно улучшить экологическое состояние районов, организовать лучшую климатическую, санитарно-гигиеническую и эстетическую среду для жителей района.

Рассмотрим существующие детские площадки, расположенные в Ленинском районе г. Владивостока по адресу улица им. Адмирала Невельского, дома 13, 15, 17. В этих дворах расположены один 12- и два 9-этажных жилых здания, четырехэтажная школа и одноэтажная трансформаторная подстанция (рис. 1). Общая дворовая территория этих зданий выполняет исключительно роль обслуживания окружающей жилой застройки. Многоквартирный комплекс жилых домов группируется, образуя полузамкнутое дворовое пространство, которое служит рекреационной зоной для жителей. Живописность застройки подчеркивается высотным точечным домом и многоподъездными разноуровневыми зданиями.

Сегодня перечень реконструкции и благоустройства детских игровых придомовых площадок включает в себя следующие проблемы.

1. Важная проблема, с которой каждый день сталкиваются жители многоквартирных жилых домов г. Владивостока, – это размещение автомобильных средств, дефицит парковочных мест. По всей территории дворов имеются несанкционированные стоянки. Некоторые владельцы оставляют свои машины прямо на проезжей части, на тротуарах, детских площадках. Состояние дорожных покрытий аварийное, возле подъездов большие ямы, трещины. Стихийные парковки автомобилей во дворах создают зрительный дискомфорт. Машины создают большое количество выхлопных газов, которые отрицательно влияют на здоровье детей. Проблемой дворового пространства также является транзитный проезд вдоль подъездов.

2. Существующие лестницы, подпорные стенки, ограждения, откосы находятся в аварийном состоянии. В условиях сложного рельефа требуется реконструкция подпорных стенок, лестниц и работы по современной ландшафтной организации территории. Также следует применять современные материалы покрытия площадок травмобезопасные, экологические.

3. Установленное еще в советское время оборудование на детских игровых придомовых площадках устарело. Площадки небольшие и зажаты откосами, пешеходными дорожками. При реконструкции следует учитывать максимальное использование небольших по размеру территорий детских площадок, следует организовывать зоны разного функционального назначения для детей различного возраста и создавать удобную сеть пешеходного движения на придомовом участке. Выбор элементов благоустройства необходимо выполнять во взаимосвязи с функциональным назначением площадок. Планировочное решение площадок должно быть универсальной средой, в которой определены границы каждой функциональной зоны. В качестве средств зонирования можно использовать благоустройство (тропинки), озеленение, малые архитектурные формы, осветительные конструкции, цветовое решение.

4. Существующие детские площадки не отвечают нормам эргономики. Необходимо проектировать детские площадки, которые учитывают обслуживание детей с ограни-

ченными возможностями. Детская игровая площадка должна формировать безопасную игровую деятельность детей. На площадке дети общаются друг с другом, с природой, проявляют соревновательный дух. Детские площадки следует проектировать развивающими, информационными, формирующими самостоятельную физическую активность детей.

5. Детские площадки по улице Невельского не отвечают современному уровню технологий, применяемых при создании игровых площадок. При формировании рельефа площадки следует применять средства геопластики.

6. Отсутствует образность площадок – главная характеристика современных детских площадок. Следует формировать интересный образ детских игровых пространств, развивающих у детей воображение, фантазию, дружелюбие, смелость, отвагу. Детские игровые площадки должны иметь оригинальные проектные решения, яркий запоминающийся образ, включать нестандартные архитектурные формы. При выполнении детской площадки в проектируемой концепции следует учитывать соответствие стиля и малых архитектурных форм окружающей архитектурной среде, выбор оборудования интеллектуальной направленности. Проекты детских площадок и примыкающие фасады домов должны создавать целостность общего решения, композиционное и художественное единство, создавать ощущение гармонии, законченности, создавать благоприятную, дружелюбную атмосферу.

Правильно организованная детская площадка формирует у детей мотивацию к самостоятельной физической активности, личностному развитию, овладению важными навыками, развивает их поведенческую культуру [2, с. 7].

7. Внутри квартала недостает зеленых насаждений. При озеленении детских площадок размещение деревьев и кустарников необходимо выполнять с учетом оптимальной обеспеченности освещенности площадки. Необходимо, чтобы ландшафтный дизайн детской площадки включал композиции из деревьев, кустарников, цветов и создавал естественную тень. При этом насаждения выполняют функции защиты от пыли, частично от шума, ветровых потоков, а также служат средством изоляции различных планировочных элементов территории [3].

Существующее многообразие декоративных растений позволяет находить лучшие сочетания цвета и форм для оформления различных объектов ландшафтной организации игровых площадок. Цветочное оформление – это важный элемент эстетического оформления придомовых игровых площадок. Вокруг детских площадок следует предусматривать посадки из деревьев и кустарников. Применяют живые изгороди из кустарников и деревьев кустовой формы [4].

8. Ландшафтное наружное освещение отсутствует или находится в нерабочем состоянии. Следует учитывать при проектировании площадок роль конструкций освещения и цвета, которые гармонизируют предметно-пространственную среду игровых пространств.

9. Благоустройство отсутствует. Детскую площадку следует вписывать в средовое пространство, создавать гармоничное ощущение связи с окружающей средой. Детская площадка должна иметь современное экологическое покрытие площадок, скамьи, игровые комплексы и необходимое оборудование малыми архитектурными формами для летнего и зимнего отдыха детей.

Очень часто вопросы благоустройства касаются установки норм, направленных на поддержание каждого строения и его территории в исправном состоянии для удобства жизнедеятельности местного общества [5, с. 34].

Игровая площадка, художественно вписанная в среду, украсит двор. Разнообразие существующего ландшафта делает игровую площадку более интересной.

10. На игровых площадках не применяются природные материалы. Применение природных материалов в городских условиях олицетворяет природу, создает комфортную среду близкую человеку психологически [6, с. 7].

11. Вопросы содержания и благоустройства придомовых территорий учитывают существующие в России нормы и правила. Эти нормы носят рекомендательный характер и в основном не соблюдаются.

Рассмотренные выше приемы и методы позволили выявить следующие тенденции, для включения их в проектные предложения по реконструкции игровых придомовых площадок Владивостока:

– защита от парковок детских площадок; разделение площадок на дворовые и квартальные с закрытием доступа в дворовые пространства;

– организация централизованных зон отдыха и спорта на уровне квартала;

– выполнение необходимого функционального зонирования; оборудование новыми игровыми комплексами;

– проектировать согласно нормам эргономики; соблюдать нормы и правила;

– применять в проектах современные технологии; использовать природные материалы;

– создавать запоминающийся, целостный художественный образ площадки; создавать современные ландшафтные проекты площадок; проектировать наружное освещение.

В России появились современные детские придомовые игровые площадки, например Новая Москва, детская площадка (рис. 2).

В России сделали идеальный двор! В жилом комплексе сделали хорошие и правильные дворы: полностью пешеходные, без доступа машин; в комплексе двора посадили сразу взрослые деревья, во всех дворах сделали невероятное благоустройство, как в Финляндии или Германии.

Двор со всех сторон окружён домами. Грамотно сделано зонирование. Везде газоны, а не просто посаженная трава. На газонах дети могут играть, сидеть, отдыхать. Все деревья уже взрослые. Тут будет красиво уже на следующий год, а не через 20 лет, когда тощие саженцы вырастут. Интересные игровые комплексы, малые формы на детских игровых площадках (рис. 2). Всё функционально расставлено по территории двора. Маленькие детские площадки разделены на зоны, для того, чтобы большие группы детей не собирались в одном месте и не шумели под окнами жильцов. Площадки, где играет одновременно много детей, вынесены дальше от домов. На игровых площадках нигде нет заборов. Площадки сделаны в один уровень. Дома 9-этажные. И это обычный жилой комплекс комфорт-класса, расположенный за МКАДом, не элитное здание.

Парковка на улице отделена деревьями, чтобы не портить вид. Качество работ изумительное. Открытый грунт закрыли, газон ниже уровня тротуара, как в Германии. Каждый узел, каждая деталь проработана. Повсюду решётки ливневой канализации. Плитка уложена отлично.

В свете решения этих задач рассмотрим, как организовывают придомовые детские площадки в странах Европы. На детской игровой придомовой площадке дети приобретают и развивают свои навыки общения. Детская площадка способствует физическому, социальному, образовательному, духовному развитию ребенка, формирует, воспитывает детское воображение. В игре ребенок взаимодействует с незнакомыми ландшафтами, средами, знакомится с другими детьми, становится социальной личностью. В Европе рассматривают детские игровые площадки как отражение окружающего нас мира, а природную среду (ландшафт) считают лучшей обстановкой для игры детей.

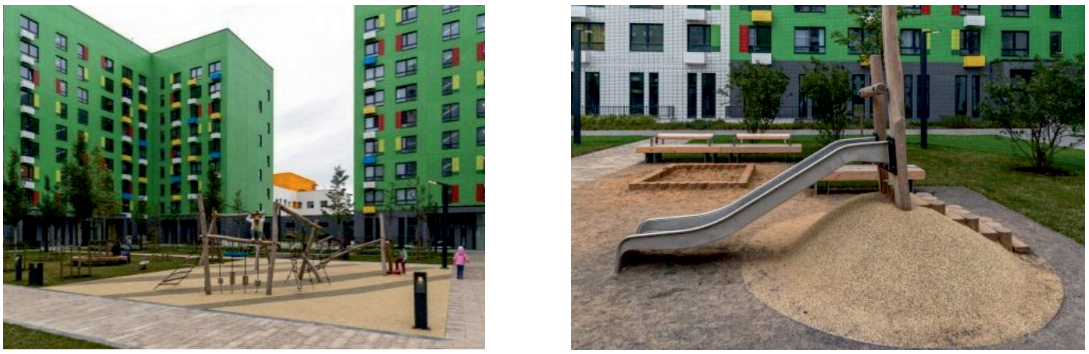


Рис. 2. Новая Москва. Детская площадка

Рис. 3. Копенгаген, Дания. Детская площадка

Рис. 4. Детская площадка в Висбадене (Германия)

Копенгаген, Дания, детская площадка (рис. 3). Паук размерами 4×7 м. Канаты паутины расположены на высоте от одного до двух метров. Нестандартные игровые комплексы развивают воображение, фантазию, исследовательскую и физическую активность детей.

Детская площадка в Висбадене (Германия) (рис. 4). Следует отметить, что методы решения пространства двора зависят от уровня жилья, прилегающей транспортной инфраструктуры и организации зон отдыха и деловой активности.

Заключение

В результате исследования придомовых детских игровых площадок многоквартирных домов по улице Невельского в г. Владивостоке следует сделать вывод, что в целом правила и нормы соблюдены частично.

В настоящее время благоустройство придомовых детских игровых площадок г. Владивостока не отвечает потребностям общества и требует серьезной работы архитекторов, дизайнеров, администрации муниципального уровня и служб ЖКХ. Существующие проблемы в области благоустройства придомовых детских игровых площадок снижают уровень жизни общества. Существующее благоустройство детских площадок представлено частично новым оборудованием, вытоптанным грунтовым покрытием, разрушающимися лестницами, подпорными стенками, ограждениями, откосами, несколькими лавками для отдыха жильцов. Не предусматривается создание возможностей для свободной организации детских игр и развития воображения.

Рассмотрев, как проектируется детские игровые придомовые площадки в зарубежом, можно сделать вывод, что в нашем городе, как и в некоторых других городах нашей страны, детские игровые площадки необходимо реконструировать. Сегодня при проектировании дизайна детской игровой площадки необходимо разрабатывать интересные подходы к реконструкции игровых площадок. Необходимы новые подходы к проектированию и реконструкции детских площадок, которые направлены на создание развивающей, комфортной, гармоничной, целостной среды с учетом возраста детей, формировать среду, где дети будут получать необходимое развитие, проводя время на современных игровых площадках. На игровых площадках компенсируется существующая ограниченность двигательных возможностей детей в школе, дома. Для детей необходима игровая деятельность, и ее следует организовывать. На основе базовых принципов моделирования рекреаций городской среды возможен дальнейший анализ существующих приёмов, а также их комбинирование и поиск вариантов новых креативных решений [7, с. 260]. Задача архитекторов и дизайнеров – создать концептуальное, многофункциональное, развивающее пространство придомовых детских площадок с использованием современных технологий, материалов, оборудования с учетом действующих норм и правил.

Список литературы

1. Медведев В.Ю. Сущность дизайна: теоретические основы дизайна: учеб. пособие. 3-е изд., испр. и доп. СПб.: СПГУТД, 2009. 110 с.

2. Грашин А.А. Дизайн детской предметно-развивающей среды: учебное пособие А.А. Грашин. М.: Архитектура-С, 2008. 296 с.

3. Куринская Л.В. Фитомелиоративная роль газонов в городских условиях // Стратегия устойчивого развития регионов России. 2012. № 11. С. 141–143.

4. Шаламанов Д.И., Иванисова Н.В., Куринская Л.В. Биоразнообразие и состояние кустарниковых насаждений в урболандшафтах степной зоны Нижнего Дона // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Серия: Естественные науки. 2014. № 4 (182). С. 40–45.

5. Таболин В.В. Экономика города: правовой аспект / В.В. Таболин, А.С. Емельянов, Н.Н. Черногор. М.: Финансы и статистика, 2014. 245 с.

6. Rottle Nancy, Yocom Ken. Basics Landscape Architecture 02: Ecological Design. AVA Publishing (UK) Ltd. 2011. 178 p.

7. Месенева Н.В. К вопросу использования малых архитектурных форм в дизайне городской среды // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 8–2. С. 256–260.

УДК 662.61:662.66

ИССЛЕДОВАНИЕ РЕАКЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ УГЛЕЙ И ИХ ГАЗОВЫХ ПРОДУКТОВ В ПРОЦЕССАХ ТЕРМООКИСЛИТЕЛЬНОЙ ДЕСТРУКЦИИ

[1]Монгуш Г.Р., [2]Самойло А.С.

[1]ФГБУН «Тувинский институт комплексного освоения природных ресурсов» СО РАН, Кызыл, e-mail: mongush983@mail.ru;

[2]Сибирский федеральный университет, Красноярск

С приближением отопительного сезона в Республике Тыва остро возникает проблема загазованности в городе Кызыле. Учеными было установлено, что основным источником загрязнения являются печи частного сектора, котельные промышленных предприятий, Кызылская ТЭЦ и автотранспорт. В зависимости от исходного состава каменных углей при сжигании выделяются и выбрасываются в атмосферу различные окислы углерода, азота, серы, а также углеводороды, пары воды и другие вещества. Для решения проблемы нужны более экологически чистые топлива на основе обогащения и переработки угля. В данной работе отражены технические свойства образцов, рассмотрены особенности структуры органической массы угля методом ИК-спектрометрии. Для определения и сравнения реакционной способности выбранных образцов были применены методы термогравиметрии и дифференциально-сканирующей калориметрии, с одновременной регистрацией ИК-спектров газовых продуктов при термоокислительной деструкции тувинских углей и их продуктов обогащения, а также были определены интервалы температур отдельных газов: CO_2, CH_4, NO_2, SO_2 и уксусной кислоты. В результате исследований выявлено, что наиболее реакционными способностями обладает уголь 1 ГЖ Каа-Хемского месторождения и его легкая фракция. Эти образцы рекомендуется сжигать в печах малыми партиями, чтобы выделяющиеся горючие газовые составляющие успевали сгорать полностью. Для получения экологически чистого топлива рекомендуется для тувинских газово-жирных углей проводить пиролиз или газификацию при температурах 550–600 °С с получением синтез-газа. После обогащения угля из концентратов можно получать активированные сорбенты или компоненты для смесей шихтования при производстве кокса. Из отходов обогащения возможно наладить производство топливных брикетов, с невысоким выходом летучих веществ и вредных выбросов.

Ключевые слова: каменный уголь, Каа-Хемское месторождение, термоокислительная деструкция, загрязнение атмосферного воздуха, термогравиметрия, ИК-спектрометрия, газы

STUDY OF BURNABILITY FOR COALS AND THEIR GAS PRODUCTS DURINGTHERMO-OXIDATIVE DESTRUCTION PROCESSES

[1]Mongush G.R., [2]Samoylo A.S.

[1]Tuvinian Institute for Exploration of Natural Resources of Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Kyzyl, e-mail: mongush983@mail.ru;

[2]Siberian Federal University, Krasnoyarsk

The air pollution problems of Kyzyl critically arises with the approach of the heating season every year. The researchers established the main sources of the air pollution in Kyzyl are furnaces of the private sector, industrial boiler houses, CHP and motor transport. Various gases are evolved and inject smoke into the atmosphere during combustion depending on coal's original composition: oxides of carbon, nitrogen, sulfur as well as hydrocarbons, water vapour and other substances. The paper considers the technical properties of the samples, the structural features of the coal organic mass by the infrared spectrometry method. The work used thermogravimetry and differential scanning calorimetry, with simultaneous recording infrared spectra of gas products of thermal-oxidative destruction of Tuvinian coals for identification and comparison of burnability of the mentioned samples as well as the temperature intervals were fixed for gas liberation such as CO_2, CH_4, NO_2, SO_2 and acetic acid. Study results demonstrate that the 1GZh Kaa-Khem coal and its low-density fractions have the highest burnability. It is recommended to use the mentioned coal rank in heat-stoves in small quantityas for gas components can burn out fast enough. It is recommended to carry out pyrolysis or coal gasification processes for GZh rank coals of Tuva at 550-600 °C with resulting gas synthesis for environmentally friendly smokeless fuel. It is possible to produce activated sorbents or components for mixture making of coke production after coal enrichment from concentrates. Enrichment rejects can be usedas raw material for fuel briquettes that characterizes as low volatile-matter yield and hazardous pollution emissions.

Keywords: coal, the Kaa-Khemdeposit, thermo-oxidative destruction, air pollution, thermogravimetry, IR spectrometry, gases

Каждый год, с приближением отопительного сезона, в Республике Тыва наиболее актуальным вопросом становится снижение выбросов отходящих газов в атмосферу при сжигании каменного угля. Вышло Распоряжение Правительства Республики Тыва от 7 июня 2018 г. № 242-р об утверждении Положения о конкурсе по отбору инвестиционных проектов, предлагающих лучшее технологическое решение по уменьшению выбросов загрязнения веществ в атмосферу г. Кызыла.

Наблюдения за состоянием атмосферного состояния проводятся только в г. Кызыле на трех стационарных постах лаборатории по мониторингу загрязнения атмосферного воздуха Тувинского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды – филиал Федерального государственного бюджетного учреждения «Среднесибирское управление по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды». Основным источником загрязнения атмосферного воздуха в г. Кызыле являются печи частного сектора, котельные промышленных предприятий, Кызылская ТЭЦ и автотранспорт [1].

Наиболее распространенные выбросы загрязняющих веществ, отходящих от стационарных источников, по Республике Тыва в 2000–2017 гг. представлены в табл. 1. [2].

В зависимости от исходного состава каменных углей при сгорании выделяются и выбрасываются в атмосферу различные газы: окислы углерода, окислы азота, окислы серы, углеводороды, пары воды и другие вещества. И образуются они по следующим основным реакциям полного сгорания топлива:

а) $C + O_2 = CO_2$;

б) $H_2 + O_2 = 2H_2O$;

в) $S + O_2 = SO_2$;

г) $N + O_2 = 2NO_2$ [3].

На начальных этапах разложения и горения угля выделяются газы, содержащие канцерогенные полициклические ароматические углеводороды. Особенно токсичны трех-, пятиядерные углеводороды: флуорены, бенз(а)антрацен, хризен, бенз(а)пирен, перилен и др. [4].

В процессе сгорания угля выделяется два этапа:

– при термической деструкции угля выделяются и сгорают летучие вещества, давая длинное пламя и незначительное тепло;

– сгорание коксового остатка, при этом интенсивность и температура воспламенения (*реакционная способность*) зависят от степени метаморфизма угля.

При повышении степени метаморфизма угля увеличивается температура воспламенения и снижается интенсивность горения, при этом возрастает теплота сгорания. Газовые и газово-жирные угли с высоким выходом летучих веществ и с высокой реакционной способностью быстро воспламеняются и сгорают. Для экономичного горения таких углей рекомендуется сжигать их в печах малыми партиями, чтобы выделяющиеся газовые составляющие сгорали полностью [5].

Таблица 1

Выбросы наиболее распространенных загрязняющих атмосферу веществ, отходящих от стационарных источников, по Республике Тыва в 2000–2017 гг. (т)

Годы	Твердые вещества	Газообразные и жидкие вещества	Из них:				
			диоксид серы	оксиды азота (в пересчете на NO_2)	оксид углерода	углеводороды (без летучих органических соединений)	летучие органические соединения
2000	12485	14556	2855	1205	10458	14	3
2001	11912	14200	2677	1134	10371	15	3
2002	11189	14283	2642	1137	10484	17	3
2003	14809	15077	3054	1294	10709	16	3
2004	12703	12010	2692	1087	8216	12	3
2005	10653	13424	2788	1242	9414	5	4
2006	8225	14957	2640	1156	11089	1	69
2007	7611	13819	2481	1145	10188	1	1
2008	8185	13999	2466	1197	10325	2	3
2009	7801	12493	2605	1167	8626	3	10
2010	9892	12663	2585	1175	8889	–	10
2011	6766	12384	2534	1152	8649	33	11
2012	6951	12611	2722	1081	8717	22	11
2013	6911	11985	2167	1047	8531	22	8
2014	6722	12075	2373	1206	8245	4	10
2015	7235	12472	2258	1149	8806	32	26
2016	5424	14075	2482	1410	9370	32	7
2017	6521	13838	2598	1464	9465	29	8

Добываемый в регионе уголь направляется в топливно-энергетический комплекс и коммунально-бытовой сектор без обогащения. Основным поставщиком является Каа-Хемский разрез, который принадлежит Тувинской горнорудной компании. Для снижения загазованности в г. Кызыле, нужны более экологически чистые топлива. Исследования тувинских углей в области обогащения и применимости в энергетических целях весьма недостаточны и нуждаются в изучении.

Цель данной работы – исследовать реакционную способность при термоокислительной деструкции тувинских каменных углей и их продуктов обогащения, выявить закономерности выхода из них газовых составляющих, а также сделать вывод по их применению в энергетических целях.

Материалы и методы исследования

В качестве объектов исследования использовали товарные пробы марок углей из месторождений Республики Тыва: 1ГЖ из Каа-Хемского месторождения, 1ГЖ из Чаданского месторождения, Ж из Межегейского месторождения, Ж из Элегестского месторождения, а также продукты расслоения газово-жирного угля из Каа-Хемского разреза, в жидкостях имеющих плотность 1300, 1800 кг/м^3 в водном растворе хлорида цинка, полученных в работе [6].

Технические характеристики исходных углей подвергались стандартным методам анализа (табл. 2). Термический анализ проводили на термоанализаторе SDT Q600 в среде воздуха с одновременной регистрацией газовых составляющих продуктов горения образцов в ИК-Фурье спектрометре Nicolet 380. В ходе анализа регистрировались потери массы образцов в интервалах температур (табл. 3), а также интервалы температур выделения газовых составляющих табл. 4). На рис. 2 представлен график ТГ и ДСК марки 1ГЖ Каа-Хемского месторождения.

Таблица 2

Характеристика образцов

№ п/п	Наименование	Зольность, A^d	Влага рабочая, W_t^r	Аналитическая влага W^a	Выход летучих веществ V^{daf}, %	Содержание серы, S^d, %	Низшая теплота сгорания, ккал/кг
1	1ГЖ (Каа-Хем)	6,8	1,8	1,6	46,6	0,32	7152
2	Ж – (Элегест)	10,2	2	0,8	35,9	0,51	6489
3	1ГЖ (Чадан)	6,9	1,9	0,7	36,4	0,7	7423
4	Ж – (Межегей)	8,7	1,9	0,8	39,2	0,6	5613

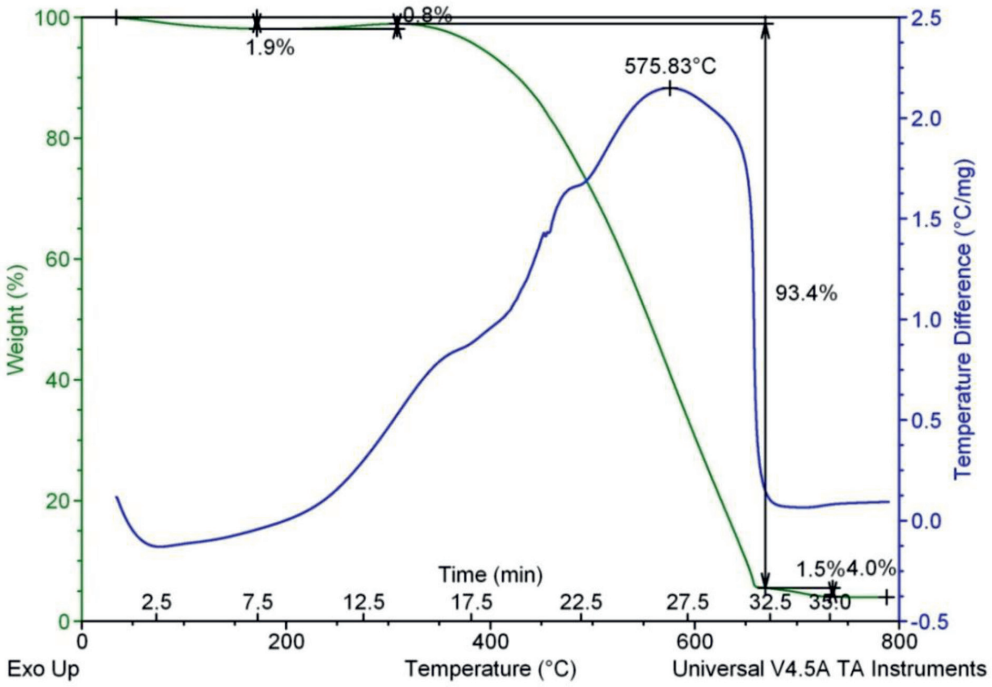


Рис. 1. Графики ТГ и ДСК процесса термоокислительной деструкции каменного угля 1ГЖ Каа-Хемского месторождения

ИК-спектры исходных углей регистрировали на спектрометре Tensor 27 фирмы «Bruker» (рис. 2). Для этого образцы разбавлялись с калий бромом (*содержание образцов 0,5 %*) и прессовались в таблетки при давлении 10 мПа.

Исходные данные (*выгруженные из программного обеспечения ИК-Фурье спектрометра Nicolet 380 – OMNIC™*) ИК-спектров газовых составляющих были обработаны и совмещены в графиках (*помощью инструментов Microsoft Excel*) (рис. 3, 4).

Результаты исследования и их обсуждение

Из табл. 2 видно, что угли малозольные (до 10 %), со средним выходом летучих веществ и с высокой теплотворной способностью. Исключение составляет уголь марки 1ГЖ с высоким выходом летучих веществ. Содержание общей серы в углях составляет доли процента (до 0,7 %), следовательно, они являются низкосернистыми.

На полученных дериватограммах образцов (например, рис. 2), было выявлено наличие на кривых дифференциально сканирующей калориметрии (ДСК) эндоэффекты при температуре 90–150 °С, что соответствует температуре выделения гигроскопической влаги угля. При дальнейшем повышении температуры до 660 °С (*Т сгорания ОМУ конечная*) происходит непрерывно с экзотермическим эффектом – разложение и сгорание органической массы угля (ОМУ). Вероятно, что выделение (*в виде скачков*) в линии ДСК в интервалах 250–350 °С соответствует периоду деструкции и сгоранию алифатических и алициклических фрагментов угля, а интервал 320–440 °С – разрушению ароматических структур [7], при температуре 300 °С углеродная масса незначительно увеличивается за счет спекающихся свойств угля (+*m*), а интервал 440–660 °С соответствует догоранию ОМУ. В интервале температур 660–800 °С происходит разложение и окисление неорганических соединений (*силикатов, карбонатов*) минеральной части угля [8], после чего формируется зола (*остаток*).

Из табл. 3 видно, что для всех марок углей можно отметить три стадии разложения и сгорания ОМУ:

– до 160 °С идет десорбция гигроскопической влаги и иммобилизованных углеводородных частиц в порах;

– интервал температур 200–400 °С, характеризуется выделением кислородсодержащих функциональных групп (*кислые группы при 200 °С, карбонильные ближе к интервалу температур основного разложения*) [8];

– последняя стадия протекает в интервале температур 400–800 °С и идет с интенсивным выделением и сгоранием ОМУ.

Наиболее интенсивный процесс разложения и сгорания угля до 600 °С показал образец марки 1ГЖ (Каа-Хем), что обусловлено увеличением в ОМУ количества алифатических CH_x связей метиленовых групп (2922, 2853, 1445 $см^{-1}$) и слабых кислородсодержащих функциональных групп (рис. 2).

Угли 2Г (Чадан), Ж (Элегест), Ж (Межегей) догорают равномерно в интервалах 400–600 °С и более до 800 °С. При этом 80 % от массы углеродного материала (1ГЖ) сгорает в интервалах температур 600–800 °С.

Методом ИК-спектрального анализа каменных углей (рис. 2) установлено, что для всех образцов характерны полосы поглощения алифатических CH_x-связей метиленовых (2922–2923, 2853–2854, 1448, 1383 $см^{-1}$), ароматических СН – (3048–3051, 750–874 $см^{-1}$) и С=С групп (1608–1610 $см^{-1}$), ОН-групп фенолов (3400–3600 $см^{-1}$), ароматических кислот (1730, 1260 $см^{-1}$), сложных (1160, 1169, 1168 $см^{-1}$) и простых (1024–1030 $см^{-1}$) эфиров. При 468, 541 $см^{-1}$ регистрируются полосы поглощения минеральных частиц угля.

Таблица 3

Результаты термогравиметрического анализа

№ п/п	Образец	Потеря массы m,%, в интервале температур, °С				Остаток, %	Т сгорания ОМУ конечная, °С	+m в интервале 200–400, °С
		До 200	200–400	400–600	600–800			
1	1ГЖ (Каа-Хем)	1,9	5,6	62,5	26	4	660	0,8
2	Углеродный материал (1ГЖ)	2	1,5	6,5	83,4	6,6	800	–
3	1ГЖ (Чадан)	0,9	1,6	45,9	46,6	5	712	0,7
4	Ж (Межегей)	0,6	0	43,2	49,7	6,5	687,5	1,6
5	Ж (Элегест)	3	4,5	37,5	52,3	2,7	766	–
6	1ГЖ-1300	2	4,5	81,5	11,4	0,6	640	0,5
7	1ГЖ-1800	3,2	6,8	78	9,6	2,4	616	–
8	1ГЖ + 1800	3	7	58	3,3	28,7	600	–

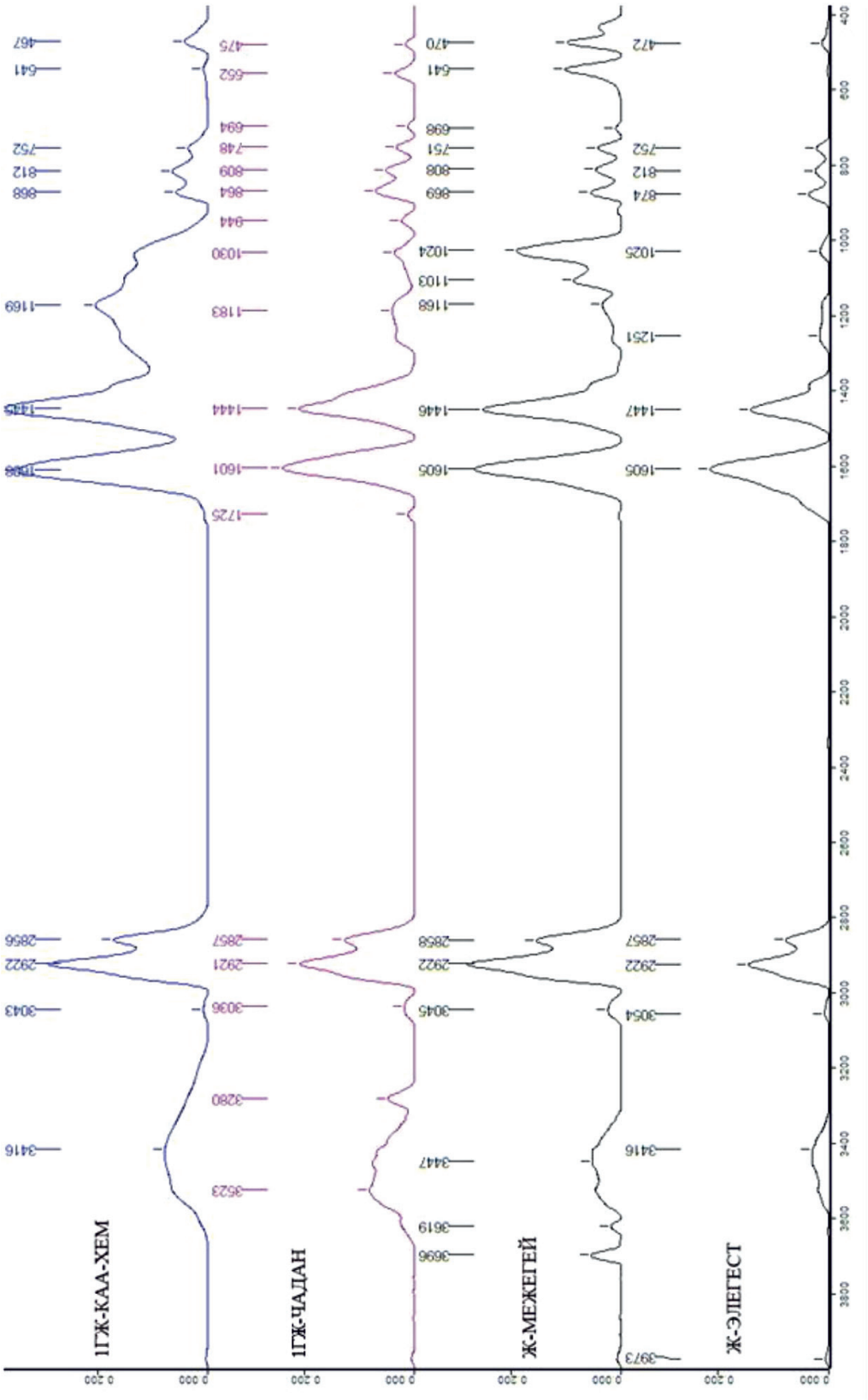


Рис. 2. ИК-спектры тувинских каменных углей

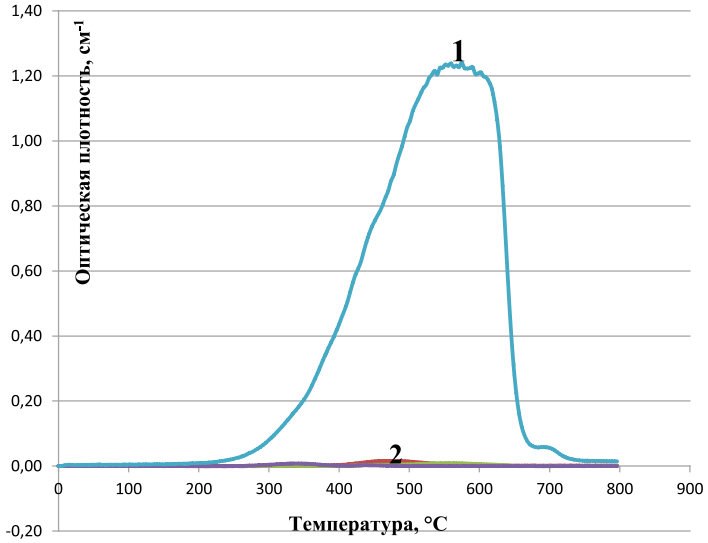


Рис. 3. График выделения газов образца 1ГЖ (Каа-Хем) в зависимости от температуры: 1 – CO_2; 2 – др. газы

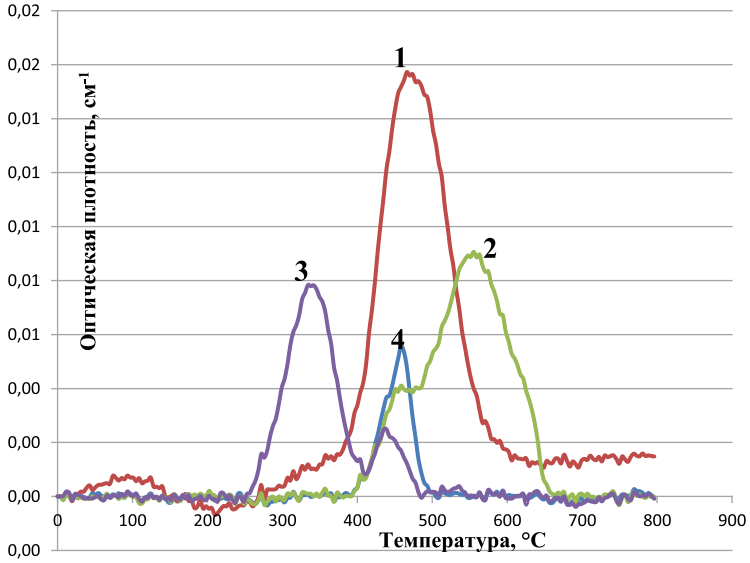


Рис. 4. График выделения газов образца 1ГЖ (Каа-Хем) в зависимости от температуры: 1 – CH_4; 2 – NO_2; 3 – Уксусная кислота; 4 – SO_2

Исключение составляет уголь Ж (Межегей), у которого проявляются полосы поглощения ОН (1103 $см^{-1}$) и третичных ОН (3619 $см^{-1}$) групп фенолов и колебания моно-замещенных ароматических циклов (1024 $см^{-1}$).

Из рис. 3, 4 видно, что основная часть газовых составляющих – это диоксид углерода, а все остальные газы составляют доли процента, в которых преобладают различные углеводороды (*например – CH_4*).

Из табл. 4 видно, что выделение газообразных составляющих происходит после 200 °С. Газ CO_2 выделяется в основном в интервале температур от 217 °С до конечной температуры сгорания угля и пик приходится на 550–650 °С. Газы, содержащие алифатические углеводороды, в основном метан, выделяются в пределах 350–650 °С. Алифатические CH_x-связи метиленовых присутствует во всех исходных углях достаточно интенсивно. Уксусная кислота (*этановая кислота – химическая формула: $C_2H_4O_2$; рациональная формула: CH_3COOH*) выделяется в пределах 250 по 480 °С, в тех углях, в которых отмечаются интенсивные пики гидроксильной ОН групп (рис. 2).

Таблица 4

Интервалы температур выделения газов

№ п/п	Образец	Интервалы температур выделения газов														
		CO_2			CH_4			NO_2			SO_2			Уксусная кислота		
		$T_{нач,°C}$	$T_{пик}$ °C	$T_{кон}$ °C	$T_{нач,°C}$	$T_{пик}$ °C	$T_{кон}$ °C	$T_{нач,°C}$	$T_{пик}$ °C	$T_{кон}$ °C	$T_{нач,°C}$	$T_{пик}$ °C	$T_{кон}$ °C	$T_{нач,°C}$	$T_{пик}$ °C	$T_{кон}$ °C
1	1ГЖ (Каа-Хем)	217	555	726	346	466	652	381	555	660	384	458	509	249	334–431	485
2	Углеродный материал (1ГЖ)	485	641	788	–	–	–	544	633	777	–	–	–	–	–	–
3	1ГЖ (Чадан)	268	629	726	381	485	614	427	579	703	–	–	–	–	–	–
4	Ж (Межегей)	237	559	715	400	493	602	303	579	707	388	447	505	252	334–435	485
5	Ж (Элегест)	241	691	784	365	493	681	392	563	676	–	–	–	–	–	–
6	1ГЖ-1300	245	571	672	377	470	598	474	559	645	283	338–466	520	272	338–439	497
7	1ГЖ-1800	252	548	641	369	471	563	408	540	617	–	–	–	–	–	–
8	1ГЖ +1800	225	474	625	404	454	536	–	–	–	–	–	–	–	–	–

Общая сера в углях присутствует в сульфатах (*гипс*), в сульфидах (*пирит*) и в сульфидной форме в ОМУ. При сжигании сера сульфатная переходит в золу, органическая сульфидная сера выделяется в виде SO_2 в пределах температур 380–500 °С, пик отмечается при 460 °С. Оксид азота выделяется при достаточно высоких температурах (*более 400 °С*) и продолжает проявляться до конечной температуры сгорания угля. При сжигании углеродного материала в основном выделяется диоксид углерода, продукт сгорания коксового остатка. Это нам говорит о том, что при пиролизе или газификации угля можно предварительно выделить все вредные токсичные летучие вещества.

Образец угля 1ГЖ (Каа-Хем) показал высокие реакционные способности, еще более высокую активность в процессе термоокислительной деструкции проявляет легкая фракция этого угля (1ГЖ-1300) (*снижение конечной температуры выгорания и сужение температурного интервала горения*), возможно, это обусловлено изменениями мацерального и минерального состава [9] при расслоении в тяжелых водных средах. Угли 1ГЖ (Чадан), Ж (Межегей), Ж (Элегест), 1ГЖ-1800 относительно менее реакционноспособные. Тяжелая фракция угля 1ГЖ + 1800 показала, что мало выделяет вредные вещества, возможно, в частности азот и сера, при обогащении в основном перешли в концентраты.

Выводы

1. В результате проведенных исследований установлено, что при горении в воздушной среде наиболее высокой реакционной способностью обладают угли 1 ГЖ (Каа-Хем), 1ГЖ-1300, которые рекомендуется сжигать в печах малыми партиями, чтобы выделяющиеся горючие газовые составляющие сгорали полностью. Основная проблема недожога и выделения канцерогенных веществ таких углей в печи: – нехватка кислорода и температуры сжигания.

2. Для получения экологически чистого бездымного топлива рекомендуется проводить пиролиз или газификацию угля марки 1ГЖ Каа-Хемского месторождения, с высоким выходом летучих веществ, при 550–600 °С с получением синтез газа.

3. Рекомендуется проводить обогащение, в частности фракционное разделение газовых и газово-жирных углей, с получением концентратов для производства высокопористых углеродных сорбентов или для смесей шихтования коксохимического производства. Отходы обогащения могут служить сырьем для экологических топливных брикетов.

Список литературы

1. Тас-оол Л.Х., Хомушку Б.Г., Чупикова С.А., Янчат Н.Н. Геохимические аспекты загрязнения окружающей среды г. Кызыла пылевыми частицами дымовых выбросов // Геоэкология. Инженерная геология. Гидрогеология. Геокриология. 2016. № 6. С. 531–542.

2. Государственный доклад «О состоянии и об охране окружающей среды Республики Тыва в 2017 году». Кызыл: Мин. природ. ресурс. и экологии Республики Тыва, 2018. 126 с.

3. Канторович Б.В. Основы теории горения и газификации твердого топлива. М.: Издательство Академии наук СССР, 1958. 606 с.

4. Полиароматические углеводороды (ПАУ) [Электронный ресурс]. URL: http://www.prochrom.ru/ru/view/?id=29&info=clsoed (дата обращения: 18.11.2018).

5. Котел отопительный твердотопливный длительного горения «Прометей автомат». Сибэнерготерм «Прометей». Новосибирск, 2013 [Электронный ресурс]. URL: http://net.knigi-x.ru/24raznoe/486857-1-kotel-otopitelniy-tverdotoplivniy-dlitelnogo-goreniya-prometey-avtomat-rukovodstvo-ekspluatacii-rossiya-nov.php (дата обращения: 18.11.2018).

6. Монгуш Г.Р. Исследование технических показателей продуктов фракционного разделения каменного угля Каа-Хемского месторождения // Современные наукоемкие технологии. 2017. № 11. С. 47–52.

7. Гандандорж Ш. Извлечение меди и молибдена сорбентами на основе окисленных углей из хвостов флотации: на примере КОО «Предприятие Эрдэнэт»: автореф. дис. … канд. техн. наук. Иркутск, 2013. 18 с.

8. Патраков Ю.Ф., Семенова С.А., Федорова Н.И. Влияние различных методов модификации бурого угля на изменение его химического состава и поведение при пиролизе // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2008. № 1. С. 31–34.

9. Юсупов Т.С., Шумская Л.Г., Бурдуков А.П. Логвиненко В.А. Реакционная способность углей различных стадий метаморфизма в процессах термоокислительной деструкции // Химия в интересах устойчивого развития. 2011. Т. 19. № 4. С. 427–432.

УДК 72.031(574.51)

ПРИЗНАКИ РЕГИОНАЛИЗМА В АРХИТЕКТУРНЫХ СООРУЖЕНИЯХ ГОРОДА АЛМАТЫ РАЗНЫХ ПЕРИОДОВ

Мурзагалиева Э.Т.

Казахская головная архитектурно-строительная академия, Алматы, e-mail: elvira-murzagali@mail.ru

Активизировавшиеся в противовес как глобализации, так и «интернациональному» стилю проблемы формирования региональной идентичности актуальны и для современной архитектуры Казахстана. На примере некоторых архитектурных сооружений г. Алматы разных периодов рассмотрены основные факторы формирования региональной архитектуры, такие как концептуальная основа, учет природно-климатических условий, строительных традиций, истории, культуры местного населения, а также современных методов строительства. Алматы – бывшая столица Казахстана советского периода – сейчас финансовый, научный и культурный центр страны. Представленные в статье примеры архитектурных сооружений города Алматы относятся как к советскому периоду, претерпев при этом некоторые корректировки, так и к современному и имеет свои особые признаки в архитектуре. Планировочная схема г. Алматы, расположенного у подножия гор Заилийского Алатау, имеет конфигурацию, вытянутую в направлении юг – север, с переменным уклоном рельефа в 3-4 %. Разумеется, к существенным факторам, которые влияют на формирование уникальных архитектурных образов относятся природно-климатические условия, выраженный рельеф, живописная панорама горного обрамления горизонта. С целью выявления региональной идентичности, в статье рассмотрены общественные сооружения Алматы, обладающие выраженными региональными признаками.

Ключевые слова: регионализм, архитектура Алматы, региональная идентичность, региональные факторы

FEATURES OF REGIONALISM IN ARCHITECTURE OF ALMATY OF DIFFERENT PERIODS

Murzagalieva E.T.

Kazakh Academy of Architecture and Civil Engineering, Almaty, e-mail: elvira-murzagali@mail.ru

The problems of formation of regional identity, which have intensified in contrast to both globalization and the «international» style, are also relevant for the modern architecture of Kazakhstan. On the example of some architectural structures of Almaty of different periods, the main factors of formation of regional architecture, such as the conceptual framework, taking into account natural and climatic conditions, construction traditions, history, culture of the local population, as well as modern methods of construction. Almaty – the former capital of Kazakhstan of the Soviet period – is now the financial, scientific and cultural center of the country. The examples of architectural structures of Almaty presented in the article refer to the Soviet period, with some changings, and to the modern and has its own special features in architecture. The planning scheme of the city of Almaty, located at the foot of the Zailiyskiy Alatau mountains, has a configuration elongated in the South-North direction,with a variable slope of 3-4 %. Of course, the significant factors that affect the formation of unique architectural images include natural and climatic conditions, pronounced relief, picturesque panorama of the mountain. In order to identify the regional identity, the article considers public buildings in Almaty, which have expressed regional characteristics.

Keywords: regionalism, architecture of Almaty, regional identity, regional factors

Известно, что формирование региональной архитектуры зависит от природно-климатических условий, традиционных конструктивных систем и материалов, так же как и особенностей ведения хозяйства, соответствующих географическому расположению региона. В то же время проблему регионального своеобразия решит только комплексная работа в виде совокупности традиций, новых технологий и материалов.

Расположенный на предгорной равнине, финансовый, научный и культурный центр страны Алматы отличается архитектурой, демонстрирующей удачный синтез традиций и новаторства, и принцип средового подхода формирования пространства, где гармонично сочетаются азиатское и европейское влияния.

Цель исследования: провести промежуточный анализ и систематизацию некоторых архитектурных объектов, выявляющих локальное своеобразие архитектуры южной столицы Казахстана на протяжении нескольких этапов своего развития, в основном путём поиска признаков, приёмов и методов регионального формообразования.

Материалы и методы исследования

Расположенный на фоне величественной панорамы снежных вершин город имеет вытянутую конфигурацию общим уклоном в направлении с юга на север в 3–4 %, слабый ветровой режим, достаточно хороший уровень солнечной радиации. Планировочная структура города была решена с учетом всех этих природных и климатических факторов, которые, безусловно, способствуют созданию уникальных архитектурных сооружений.

Ещё первые формирования поселений были обусловлены их географическим расположением и климатом наряду с социальными и функциональными факторами: широкие улицы древнего Вавилона ори-

ентировались по странам света и пересекались под прямым углом, способствуя проветриванию территории в условиях жаркого климата, а водные каналы и густая растительность смягчали знойный воздух пустыни [1]. Распространённая в античных городах Греции регулярная система применена и в планировке исторического центра г. Алматы, являясь наилучшим вариантом создания регионального архитектурного пространства, опирающимся на местные природно-климатические особенности.

В работе рассмотрены некоторые общественные сооружения Алматы различного периода строительства с использованием метода определения художественной составляющей архитектурного объекта, структурного анализа вместе с творческо-генетическим подходом для определения принципов формообразования и формирования среды, архитектурного языка, композиционных схем, ассоциативных образов и влияний на них природно-климатических условий.

Блестящим примером новых принципов и подходов к традициям «живого Востока» в архитектуре сооружений новой столицы КазАССР – Алма-Аты, являются здания бывшего Дома правительства КазАССР (1929–1931 гг., сейчас – Академия искусств им. Т. Жургенова) и Клуб работников ГПУ (1930–1932 гг., ныне здание Гос. академического уйгурского театра музыкальной комедии). Архитектурные сооружения, построенные в стиле конструктивизма, отличаются геометричностью объёмов, контрастом белоснежных и тёмных поверхностей с подчёркнутой функциональностью.

В поиске новых средств, выявляющих смысловое значение здания в контексте эпохи, автор здания Дома правительства М.Я. Гинзбург, при участии Ф. Милиниса, отказался от тиражирования привычных форм монументального зодчества и копирования традиционных элементов национальной архитектуры в пользу новых приёмов композиции с признаками региональной идентичности. В то же время Н. Буровцев, вдохновлённый ярко выраженными чертами, характерными для конструктивизма, в архитектуре клуба им. Русакова в Москве в проекте здания Государственного академического уйгурского театра, использовал удачный контраст строгих геометрических объемов и формы четверти круга его вестибюльной части [2].

В результате вертикальные и горизонтальные сплошные ленты остекления, глубокие лоджии, подчеркнутая функциональность, создание комфортной среды в зданиях и на их территориях с тщательным учётом природно-климатических условий юга Казахстана, включающим: правильную ориентацию зданий по сторонам света; расположение рабочих помещений вокруг внутреннего дворика; защиту от проникновения жары и холода в помещения; крытые переходы, соединяющие отдельные корпуса, мероприятия по озеленению и обводнению в интерьерах и экстерьерах сооружений, относят эти архитектурные объекты к одним из образцов регионального зодчества [3].

Несомненно, климат и географическое расположение Алматы являются существенными факторами сложения характерных черт региональной традиции таким зданиям 1960–1970-х гг. как гостиница «Алматы» (арх. Н. Рипинский, И. Картаси, 1967 г.) и Русский драм. театр им. М.Ю. Лермонтова (арх. В. Давыденко, Г. Горлышков, Н. Былинкин, 1968 г.). В проекте восьмиэтажного здания гостиницы использован характерный для восточного зодчества приём выявления образа природного окружения и его иллюзорного взаимодействия с объёмным решением проектируемого объекта: плавный изгиб фасада выгнутого к югу здания, с членениями из горизонтальных окон и лоджий, подобен ледяным вершинам Заилийского Алатау.

Городской рельеф местности был удачно использован в организации требуемого уклона мест зрительного зала театра им. М.Ю. Лермонтова, а сплошное остекление его фасадов, обеспечивающее взаимосвязь интерьера с окружающей средой, как и обводнение и озеленение территории усиливают признаки региональности здания. В то же время расположение мегаполиса в сейсмоопасной зоне обусловило применение специальных конструктивных решений в виде мощных железобетонных «стаканов» – опор [4].

Рассмотренные примеры архитектурных сооружений города Алматы относятся к советскому периоду, но и в новых условиях представляют собой примеры удачного синтеза прогрессивных инженерных решений и локальных природно-климатических условий. Вместе с тем современные архитектурные сооружения Алматы демонстрируют творческую преемственность, обеспечивая комфортные условия для жизнедеятельности человека, формируя новую эстетику пространственной среды южной столицы Казахстана и способствуя повышению её престижа.

Современный полифункциональный комплекс «Нурлы тау» (арх. Т. Ералиев, С. Баймагамбетов, Т. Татыгулов, 2004 г.) с развитой инфраструктурой, олицетворяющий новый облик Алматы, представляет собой симбиоз азиатской и европейской культур в стиле хайтек и выражает главную идею повышения уровня культурного развития страны, её достижений в инновационных технологиях и стремлений к самобытности региона. Динамичная композиция из строгих и лаконичных кристальных форм символизирует образ сверкающих вершин Зайлийского Алатау, в полной мере демонстрируя её региональную идентичность (рисунок). Этому способствует не только наличие малых форм ландшафтной архитектуры и элементы культур различных стран, некогда расположенных на торговых караванных путях, усиливая историческую и художественную значимость, но и тщательный и всесторонний учёт природно-климатических характеристик региона.

Здания переменной этажности и эспланада в виде пропилей, специально ориентированы по оси «север – юг». Такая схема обеспечивает лучшее проветривание территории вечерним горным бризом к нижней части застройки. В современных условиях для такого крупного мегаполиса, как Алматы, характерны накопления выхлопных газов в виде смога в воздушном бассейне города из-за расположения в полузамкнутой межгорной долине. Для решения проблемы проветривания городского комплекса архитектурными средствами, объемно-пространственные решения «Нурлы тау», расположенного в предгорной части Алматы, ассоциируется с ущельем: узкие разрывы между зданиями создают своеобразные тоннели, затененные или освещенные в зависимости от времени суток. Взаимодействие охлажденных и нагретых участков территории комплекса создает бризы, которые продвигаются в пространстве между блоками и создают воздушные потоки. Свободному передвижению воздушных масс, хорошей инсоляции помещений, способствует подчинение существующей форме рельефа анфиладной системы и переменной этажности площадей и зданий полифункционального комплекса. Одновременно между разрывами блоков возникают фрагменты гор, и они становятся частью эстетической визуализации.

Полифункциональный комплекс «Нурлы тау»
(арх. Т. Ералиев, С. Баймагамбетов, Т. Татыгулов, 2004 г.). Макет [7]

Ширина зданий комплекса «Нурлы тау» рассчитана для оптимального сохранения тепла в зимнее время и комфортной температуры – в летний зной. Реализации благоприятного микроклимата с температурой, близкой к оптимальной и несколько повышенной влажностью, в условиях жаркого лета Алматы способствуют использование озеленения и обводнения территории и включение зимнего сада и оранжерей в проект комплекса.

Разумеется, мероприятия по формированию комфортной среды на территории г. Алматы не ограничиваются адаптацией к условиям резко континентального климата: ввиду расположения города на сложном рельефе, возрастает необходимость использования перепадов уровней земли как преимущественного фактора в поиске региональной идентичности [5]. Переменные высотные отметки рельефа обусловливают правильную организацию отвода поверхностных вод при благоустройстве территории и ландшафтного дизайна. В условиях сложного рельефа возрастает вредное воздействие выбросов выхлопных газов на окружающую среду и усиление уровней шумов, поэтому в таких городах требуется некое экранирование застройки от неблагоприятного воздействия главных магистралей [6]. Расположение зданий комплекса «Нурлы тау» запроектировано таким образом, что внутренние дворы защищены от нежелательных шумов и выхлопных газов с помощью застройки-экранов.

Расположение Алматы в сейсмической зоне определяет целесообразность специальных сейсмостойких конструкций и антисейсмических мероприятий, что влияет на методы строительства, этажность, выбор материалов и конструкций. Инновационные технологии, новые методы строительства и материалы, применённые в «Нурлы тау» обладают высокой прочностью на сейсмические нагрузки.

Результаты исследования и их обсуждение

Таким образом, каждый этап формирования архитектуры г. Алматы характеризуется различными своеобразными элементами и приметами регионализма. В 1920–1930-е гг., в так называемый период «регионализма романтического» [8], создавались проекты, передающие национальное, но лишённые какого-либо декора и традиционных элементов восточной архитектуры, обусловленные бытовыми и климатическими особенностями Казахстана. Поиск архитектурного языка, новых форм и образов сооружений этого периода был обусловлен развитием строительных технологий и конструкций, а также интересом к стилю конструктивизма.

Период 1960–1970-х гг. характеризуется развитием строительства спортивных и культурно-просветительских сооружений (Центральный стадион, Дворец спорта, высокогорный спортивный комплекс «Медеу»,

кинотеатр «Арман», Дворец бракосочетания, драматический театр им. М.Ю. Лермонтова, здание цирка, Дворец Республики и др.), являющихся примерами тщательного учёта природно-климатических особенностей, применения сейсмостойких конструкций, включения элементов монументально-декоративного искусства. Проблема национального своеобразия этих общественных зданий решена опосредованно, передачей региональной идентичности путём пространственных решений, выразительных композиционных форм, раскрытия богатых возможностей строительных материалов, использования различных солнцезащитных элементов, придающих сооружениям величественность, торжественность и в то же время близость к народному зодчеству в виде традиционных мотивов и орнаментов.

Архитектура знаковых достопримечательностей Алматы 1980-х гг. (Республиканский Дворец школьников, оздоровительный комплекс «Арасан», Центральный исторический музей и др.) являет собой пример симбиоза классических черт и современной трактовки форм, характерных для мусульманского зодчества, таких как стилизованные «минареты», купола, арочные окна и порталы, башни, и соответствующие отделочные материалы.

Творчество отдельных архитекторов XXI в., относящееся к «регионализму критическому», отличается качественными принципами формообразования и формирования среды [8].

Заключение

Сейчас идут поиски путей решения развития регионального своеобразия, новой эстетики пространства, комплексного формирования пространственной среды, отвечающей природно-климатическим условиям местоположения объекта, обеспечивая комфортное в ней пребывание, что отражается в применении соответствующих новых технологий строительства и планировании различных функционально-декоративных элементов. Например, положительную роль в формировании региональной архитектурной среды, обусловленной природно-климатическими и ментальными особенностями населения, могут сыграть мавританские сады. Такие сады могут включать обводнение территории, зелёные насаждения, малые архитектурные формы, крытые галереи с перголами, не только несущие функцию защиты от летнего зноя, пыли, ветра, шума от транспортных магистралей, но и обогащающие эстетически пространственную среду города [9].

Список литературы

1. Римша А.Н. Город и жаркий климат. М.: Стройиздат, 1975. 280 с.

2. Аскаров Ш.Д. Регион Пространство Город. М.: Стройиздат, 1988. 200 с.

3. Свод памятников истории и культуры г. Алматы. Алматы: ТОО «Казахская энциклопедия», 2006. 360 с.

4. Глаудинов Б.А., Сейдалин М.Г., Карпыков А.С. Архитектура Советского Казахстана. М.: Стройиздат, 1987. 319 с.

5. Мурзагалиева Э.Т., Абдрасилова Г.С. Влияние природно-климатических условий на формирование архитектуры в условиях Казахстана // Научный журнал Вестник КазГАСА. 2018. № 3 (69). С. 73–78.

6. Крогиус В.Р. Город и рельеф. М.: Стройиздат, 1979. 124 с.

7. Meuser Ph. Architekturfuhrer Kasachstan. Berlin: Dom publishers, 2014. 539 p.

8. Абдрасилова Г.С. Основы региональной архитектуры Казахстана. Алматы: монография. 2015. 265 с.

9. Абдрасилова Г.С. Феномен сада в пространственной культуре Востока // Научный журнал Вестник КазГАСА. 2010. № 1 (53). С. 6–9.

УДК 678

ОЦЕНКА МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УГЛЕРОДНЫХ ЛЕНТ ПОСЛЕ НАНЕСЕНИЯ НА ИХ ПОВЕРХНОСТЬ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ПОКРЫТИЙ

Нелюб В.А.

ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Москва, e-mail: admin@emtc.ru

В качестве армирующих наполнителей, при производстве деталей из полимерных композиционных материалов, широкое распространение получили углеродные ткани, ленты и волокна. Целью настоящей работы является разработка математических моделей, позволяющих прогнозировать напряженно-деформированное состояние элементарных нитей с металлическим покрытием. Представлены результаты теоретических и экспериментальных исследований свойств элементарных нитей после нанесения на углеродные ленты марок Луп и Fibra металлических покрытий. Установлено, что при нанесении на углеродную ленту Луп покрытий из нержавеющей стали и меди имеет место повышение прочности элементарных нитей при растяжении, тогда как покрытия из алюминия, цинка и серебра приводят к уменьшению прочности. Значения относительного удлинения элементарных нитей при использовании всех исследованных покрытий снижаются. Разработаны модели элементарных нитей с различными типами металлических покрытий и проведено исследование напряженно-деформированного состояния в зависимости от толщины и типа нанесенного покрытия. Различия между теоретическими и экспериментальными результатами не превысили 5%. Сделан вывод о том, что разработка углепластиков с комплексом новых функциональных свойств позволит существенно повысить конкурентноспособность изделий. Такие материалы обеспечат повышение долговечности, снижение себестоимости и повышение эффективности использования углепластиков.

Ключевые слова: углеродная лента, напряженно-деформированное состояние, математическая модель, элементарная нить, металлическое покрытие, моделирование

ASSESSMENT OF MECHANICAL CHARACTERISTICS OF CARBON TAPES AFTER DRAWING ON THEIR SURFACE OF METAL COATINGS

Nelyub V.A.

Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education «Bauman Moscow State Technical University», BMSTU, Moscow, e-mail: admin@emtc.ru

As reinforcing fillers, in the manufacture of parts from polymer composite materials, carbon fabrics, tapes and fibers are widely used. The purpose of this work is to develop mathematical models that allow predicting the stress-strain state of filaments with a metallic coating. The results of theoretical and experimental studies of the properties of elementary filaments after deposition of metallic coatings on Loop and Fibra carbon tapes are presented. It has been established that when coating Loop coatings made of stainless steel and copper on carbon tape, an increase in the strength of filaments under tension takes place, while coatings made of aluminum, zinc and silver lead to a decrease in strength. The values of the relative elongation of the elementary filaments with the use of all investigated coatings are reduced. The models of elementary filaments with various types of metallic coatings have been developed and a study of the stress-strain state depending on the thickness and type of the applied coating has been carried out. The differences between the theoretical and experimental results did not exceed 5%. It was concluded that the development of carbon plastics with a complex of new functional properties will significantly improve the competitiveness of products. Such materials will provide increased durability, cost reduction and increased efficiency in the use of carbon plastics.

Keywords: carbon tape, stress-strain state, mathematical model, elementary thread, metal coating, modeling

В качестве армирующих наполнителей, при производстве деталей из полимерных композиционных материалов широкое распространение получили углеродные ткани, ленты и волокна [1, 2]. По своим удельным характеристикам они в десятки раз превышают алюминиевые и титановые сплавы. Области применения углепластиков с каждым годом постоянно расширяются, что связано с их уникальными механическими и теплофизическими характеристиками. Большое разнообразие углеродных волокнистых наполнителей и сложные эксплуатационные условия, при которых эксплуатируются композитные конструкции, приводят к необходимости совершенствования эксплуатационных характеристик существующих материалов, что порождает проблематику расширения комплекса их свойств [3–5].

Для модификации свойств углеродных тканей используются различные технологии: окисление, аппретирование, гальваническая обработка и др. Одним из методов регулирования свойств композитов на основе углеродных наполнителей является технология металлизации [6, 7].

В работах [8, 9] показано, что для регулирования свойств композитов на основе углеродных наполнителей также может быть использована технология металлизации, которую чаще всего проводят, используя такие металлы, как никель, железо, молибден, цирконий, алюминий и медь. Основной целью металлизации является изменение физико-химических свойств поверхности углеродных наполнителей, что позволяет регулировать их реакционную способность, биосовместимость и теплофизические свойства и др. Традиционным способом регулирования теплопроводности полимерных материалов является использование металлических порошкообразных наполнителей [10–12]. В настоящей работе вместо дисперсных теплопроводных наполнителей использовались углеродные ленты, на которые методом магнетронного распыления наносили различные металлические покрытия. Свойства металлизированных углеродных тканей и углепластиков на их основе исследуются экспериментальными методами, которые являются трудоемкими и дорогостоящими. Создание адекватных математических моделей позволит существенно сократить путь от идеи до опытно-конструкторского образца.

Целью настоящей работы является разработка математических моделей, позволяющих прогнозировать напряженно-деформированное состояние элементарных нитей с металлическим покрытием. Достоверность созданных моделей оценивали по результатам экспериментальных исследований путем проведения механических испытаний элементарных нитей до и после нанесения на углеродные ленты различных металлических покрытий.

Материалы и методы исследования

Задача создания математической модели элементарной углеродной нити, на поверхность которой нанесено тонкое металлическое покрытие, является актуальной, поскольку позволит моделировать поведение под нагрузкой самых различных систем. В настоящей работе рассматриваются углеродные ленты и ткани, однако даже для этого, казалось бы, ограниченного класса объектов, используются разные исходные материалы (на рис. 1 они названы – материальные объекты, в качестве которых могут быть использованы ПАН, пеки и др.).

Различные технологии производства также относятся к материальным объектам и различаются в зависимости от используемого оборудования, технологических режимов и т.д. В результате даже при условии использования в качестве исходного материала ПАН разные производители производят углеродные ткани и волокна, существенно различающихся между собой. Кроме внешней и внутренней технологических сред, на качество производимых волокон оказывает влияние рыночная конкуренция, которая среди производителей углеродных волокон очень велика, что во многом и заставляет их создавать собственные составы аппретов, технологии шлихтования и т.д. Таким образом, создание адекватных моделей позволит существенно сократить путь от идеи до НИР и ОКР.

Еще в большей степени, чем свойства углеродных волокон, произведенные различными производителями, различаются свойства материалов, используемых в качестве металлических покрытий и технологии их нанесения. Проведение экспериментальных исследований требует больших затрат времени и средств.

При проведении моделирования напряженно-деформированного состояния элементарной нити с металлическим покрытием в работе использован метод решения обратных задач. Отличительной особенностью решения обратных задач (по сравнению с прямыми задачами) являлась разница в причинно-следственных связях. К причинным характеристикам, как правило [13], относят начальные и граничные условия. К следственным характеристикам относятся условия нагружения (полный набор этих показателей называют полем физических величин. Структура причинно-следственных связей при решении прямых и обратных задач показана на рис. 1. При решении прямых задач по причинным характеристикам определяют следственные характеристики. При решении обратных задач – наоборот, по заданным следственным характеристикам находят причины.

В настоящей работе была поставлена задача определения значений перемещений при известных величинах разрушающей нагрузке. Такая постановка задача была связана с тем, что ранее [8, 9] экспериментально были найдены значения разрушающих напряжений и перемещений при заданных нагрузках. При решении прямых задач не ясно, будет ли происходить разрушение элементарных нитей при заданных величинах нагрузок. Такая неопределенность связана с тем, что нагрузки задаются случайным образом и в процессе моделирования полученные величины напряжений и перемещений могут быть сколь угодно большими. Если же решать обратную задачу (т.е. задавать такое значение нагрузки, при которой происходило разрушение исследуемого образца в процессе экспериментальных исследований), то появляется возможность сравнить ранее найденные значения перемещений (или же напряжений) с теми, что получены в результате расчетов.

Расчеты элементарной нити с покрытием проводили для металлических покрытий из нержавеющей стали и титана. Толщину покрытия изменяли от 50 до 200 нм. Модель элементарной углеродной нити (рис. 2) строили в программе SiemensNX, все расчеты проводили в программном комплексе NX/Nastran.

Достоверность созданных моделей оценивали по результатам экспериментальных исследований элементарных нитей. В качестве объектов исследования в работе использованы две углеродные ленты ЛУП и Fibra. Для нанесения на них металлических покрытий использовали установку магнетронного распыления МИР-2. В качестве мишеней применяли: медь марки М1, цинк Ц2, титан ВТ1-0, нержавеющею сталь 12Х18Н10Т, алюминиевый сплав АМц и серебро 99,99.

Механические испытания элементарных нитей с различными типами металлических покрытий проводили на универсальной испытательной машине марки Zwick//Roell.

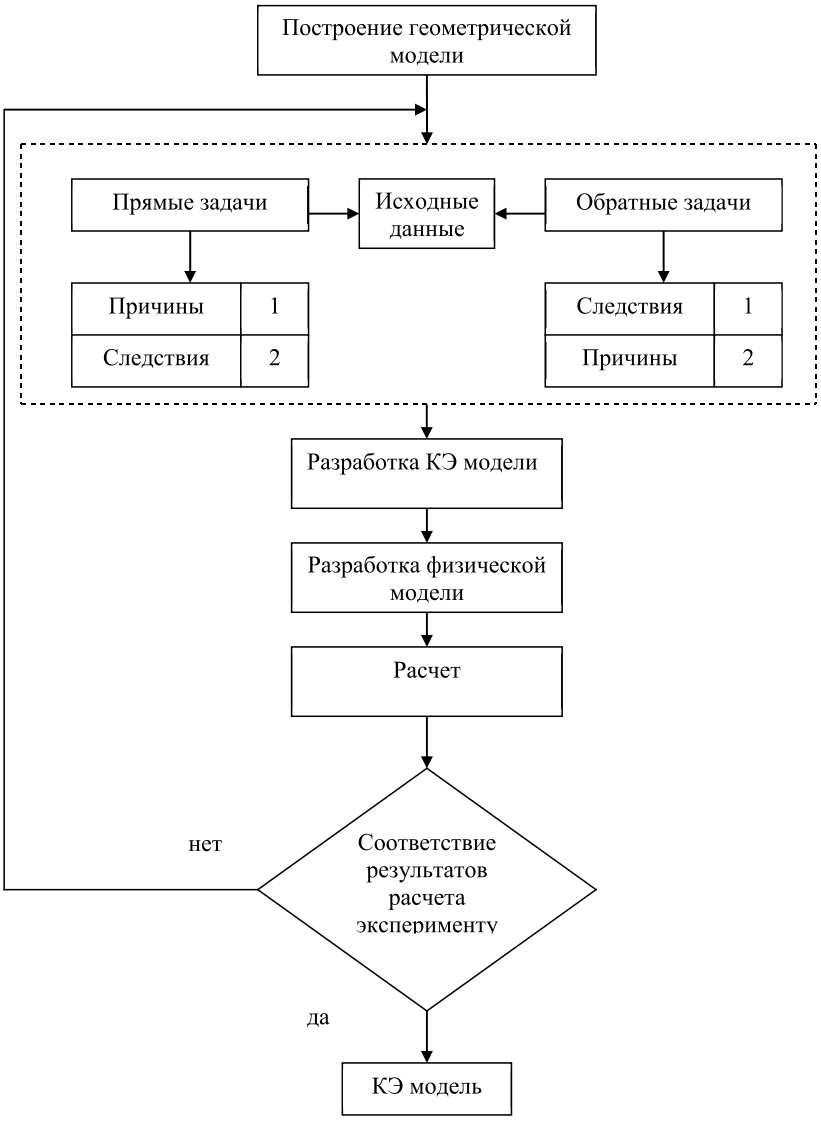


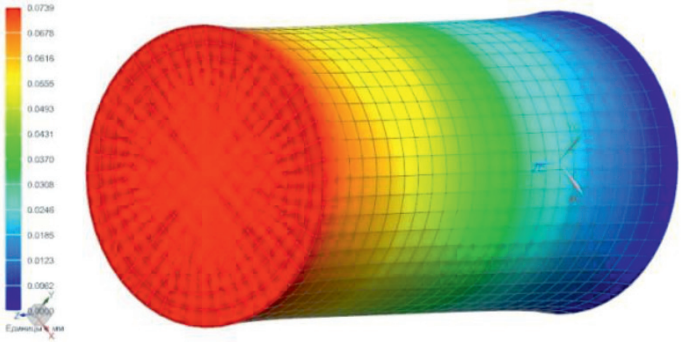
Рис. 1. Структура процесса решения прямых и обратных задач

Результаты исследования и их обсуждение

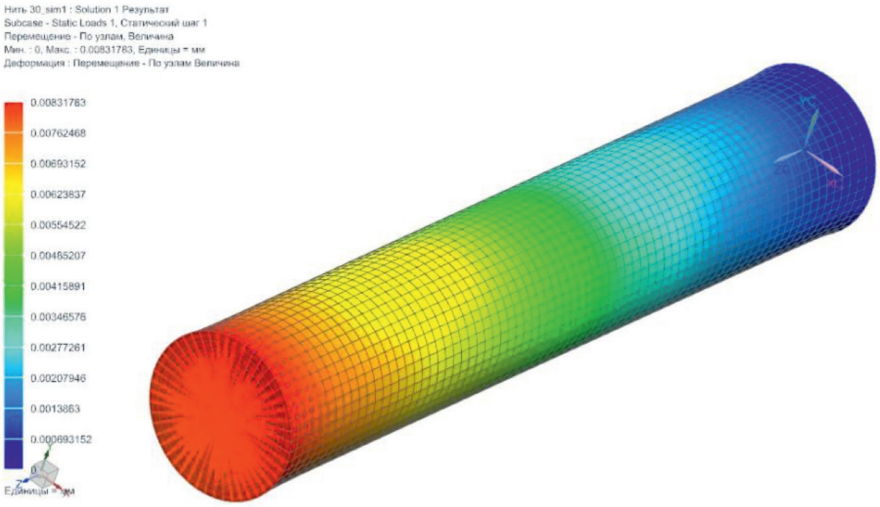
В табл. 1 приведены результаты экспериментальных исследований прочности элементарных нитей до и после нанесения на углеродные ленты металлических покрытий.

Из полученных результатов экспериментальных исследований следует, что прочность элементарных нитей, в зависимости от типа наносимого металлического покрытия, может как увеличиваться, так и уменьшаться. Например, при нанесении на углеродную ленту ЛУП в качестве покрытия титана, цинка, алюминия и серебра имеет место снижение прочности элементарных нитей на 13,7; 15,6; 28,9 и 25,5% соответственно. В то же время, при нанесении покрытия из нержавеющей стали и меди имеет место повышение прочности элементарных нитей на 6,7% и 6% соответственно. Для углеродной ленты Fibra металлические покрытия из нержавеющей стали, титана, меди и серебра приводят к повышению прочности элементарных нитей на 54, 44, 47 и 26% соответственно, тогда как покрытия из цинка и алюминия, наоборот, ее уменьшают на 18% и 30% соответственно.

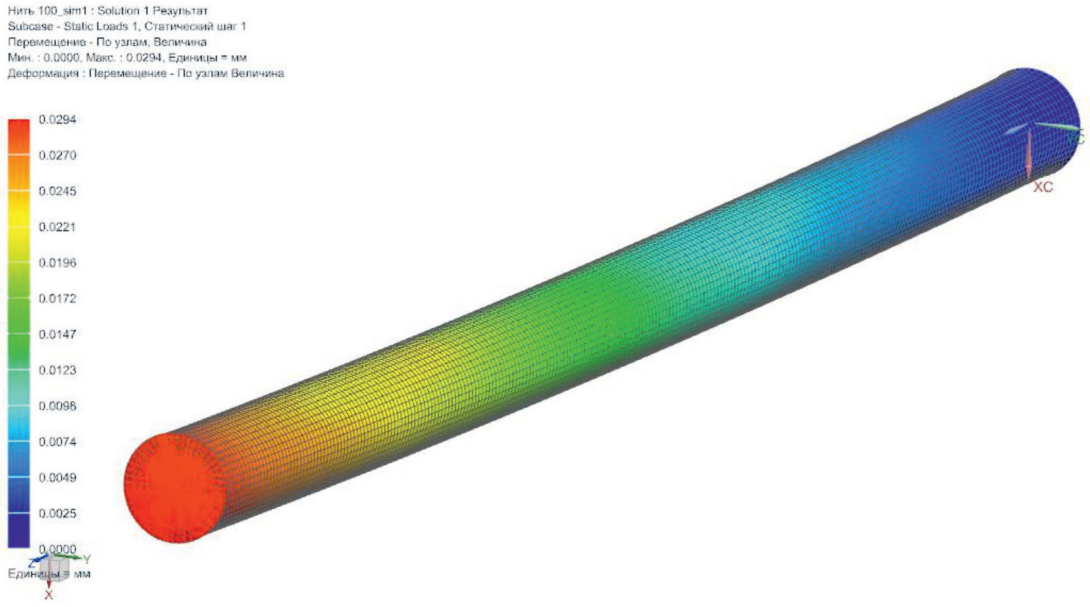
Для углеродных лент марок Луп и Fibra, независимо от нанесенного металлического покрытия, имеет место снижение деформационных характеристик элементарных нитей.



а)



б)



в)

Рис. 2. Результаты расчета перемещений элементарной нити, длиной 10 мм (а), 30 мм (б) и 100 мм (в)

Таблица 1

Свойства элементарных нитей до и после нанесения металлических покрытий

Материал покрытия	Разрушающее напряжение, МПа	Относительное удлинение при разрыве, %
Углеродная лента ЛУП		
Без покрытий	1773	0,78
Нержавеющая сталь	1893	0,73
Титан	1529	0,60
Медь	1881	0,72
Цинк	1397	0,59
Алюминий	1260	0,74
Серебро	1320	0,77
Углеродная лента Fibra		
Без покрытий	3010	1,96
Нержавеющая сталь	4640	1,88
Титан	4360	1,84
Медь	4430	1,95
Цинк	2460	1,93
Алюминий	2120	1,95
Серебро	3810	1,94

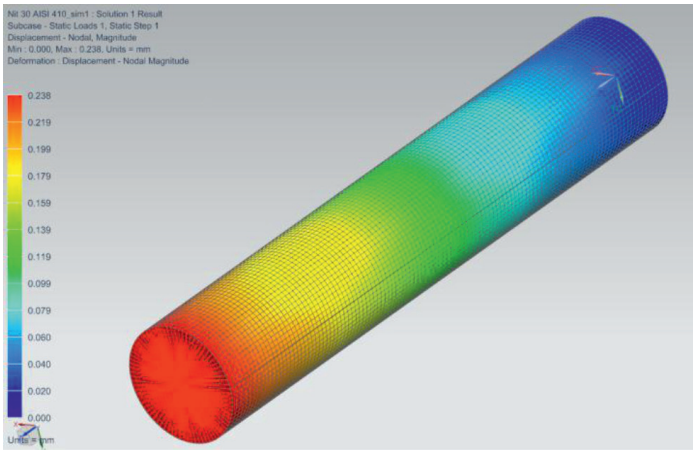
Таблица 2

Значения перемещений, % по длине элементарной нити при разных нагрузках

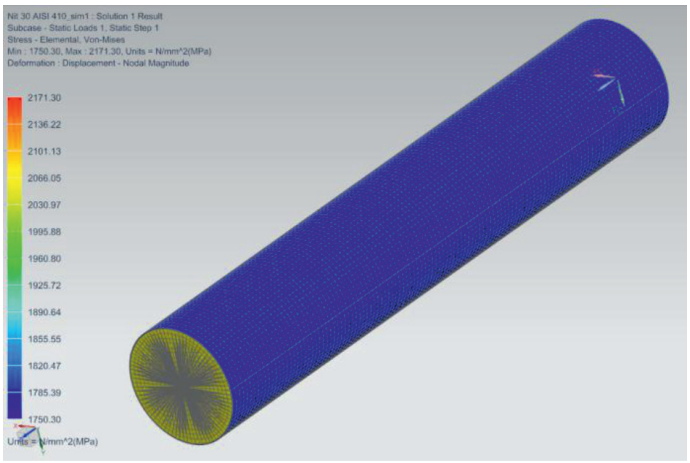
Длина элементарной нити, на которой фиксировали значение перемещений, от общей длины, %	Длина элементарной нити, мкм		
	10	30	100
100	0,026	0,028	0,029
90	0,024	0,025	0,027
80	0,022	0,023	0,025
70	0,020	0,021	0,022
60	0,018	0,018	0,020
50	0,015	0,016	0,017
40	0,013	0,014	0,015
30	0,011	0,012	0,012
20	0,009	0,009	0,010
15	0,007	0,007	0,007
10	0,004	0,005	0,005
5	0,002	0,002	0,003
0	0,000	0,000	0,000

Теоретические оценки напряженно-деформированного состояния элементарных нитей проводили по величине перемещений. Первоначально была построена модель элементарной нити без покрытия. При построении геометрической модели полагали, что диаметр элементарной нити равен 10 мкм, ее длину варьировали от 10 до 100 мкм. Для модели нити был использован трехмерный тип сетки, размер конечного элемента составил 250 нм. К модели прикладывали нагрузку 200 сН в виде распределенной растягивающей силы. С противоположной стороны образца использовалась заделка. Результаты расчетов показаны в табл. 2 и частично на рис. 2. Значения длин элементарных нитей, на которых фиксировались значения перемещений, указанных в процентах в табл. 2, соответствует различным цветам, которыми показаны соответствующие значения перемещений по длине образцов на рис. 2.

В результате проведенных расчетов установлено, что при увеличении длины элементарной нити, значения перемещений по своей абсолютной величине не изменяются, а только перераспределяются по его длине. Величина удлинения, при которой происходит разрыв элементарной нити, составляет 0,78 % (табл. 1), что соответствует результатам экспериментальных исследований. При построении модели элементарной нити с металлическим покрытием размер конечных элементов уменьшили до 25 нм. Для расчетов использовали данные, приведенные в табл. 3.



а)



б)

Рис. 3. Результаты расчета перемещений (а) и напряжений (б) элементарной нити с покрытием из нержавеющей стали, при толщине покрытия 50 нм

Таблица 3

Характеристики элементарных нитей с покрытием из нержавеющей стали

Показатели	Толщина покрытия, нм		
	50	100	200
Модуль Юнга, ГПа	282	299	332
Линейная плотность, текс	5,7	6,5	8

Результаты расчета перемещений, проведенные для элементарной нити с покрытием из нержавеющей стали и титана при толщине 50, 100 и 200 нм, приведены в табл. 3 и частично показаны на рис. 3.

Погрешность определяли путем сравнения результатов теоретических и экспериментальных исследований (табл. 1 и табл. 4). Если предположить, что толщина покрытия на элементарной нити составляет 100 нм, то в этом случае погрешность для покрытия из нержавеющей стали составит 4,1 и 5% для покрытия из титана. Аналогичным образом определим значения перемещений для покрытий из цинка, алюминия, серебра и меди.

Таблица 4

Теоретические значения перемещений в зависимости от толщины и типа металлического покрытия на углеродной ленте Луп

Тип металлического покрытия	Толщина металлического покрытия, нм	Перемещения, %
Без покрытия		0,78
Нержавеющая сталь	50	0,76
	100	0,72
	200	0,64
Титан	50	0,69
	100	0,63
	200	0,54

Созданные теоретические модели элементарных нитей позволяют расчетным путем оценивать значения перемещений в зависимости от толщины нанесенного покрытия. Чем больше толщина, тем ниже деформационные характеристики элементарных нитей, больше модуль упругости и выше величина линейной плотности.

Выводы

В результате проведенных исследований экспериментально определены свойства элементарных нитей, из которых изготовлены углеродные ленты ЛУП и Fibra до после несения на них различных металлических покрытий. Установлено, что после нанесение покрытий имеет место изменение механических свойств элементарных нитей. При нанесении на углеродную ленту ЛУП в качестве покрытия титана, цинка, алюминия и серебра имеет место снижение прочности элементарных нитей на от 13,7 до 28,9% , а при нанесении покрытия из нержавеющей стали и меди имеет место повышение прочности элементарных нитей на 6%. Существенно более высокое изменение прочности элементарных нитей при нанесении металлических покрытий имеет место при использовании углеродной ленты Fibra, для которой металлические покрытия из нержавеющей стали, титана, меди и серебра приводят к повышению прочности элементарных нитей на 54%, 44%, 47% и 26% соответственно.

Создана модель элементарной нити с покрытием, которая позволила провести оценку напряженно-деформированного состояния в зависимости от толщины нанесенного покрытия. Установлено, что покрытия оказывают незначительное влияния на напряженно-деформированное состояние элементарной нити, приводят к его изменению (менее 2%) при толщине 50 нм и не более 5% при толщине 200 нм. Созданные модели позволяют проводить выбор типа и толщины металлического покрытия.

Разработка углепластиков с комплексом новых функциональных свойств позволит существенно повысить конкурентноспособность изделий. Такие материалы обеспечат повышение долговечности, снижение себестоимости и повышение эффективности использования углепластиков.

Результаты настоящей работы получены в рамках проекта по теме «Научные исследования по разработке композиционных материалов со структурой управляемого хаоса и их применение в высокотехнологичном производстве» по заданию № 11.7291.2017/БЧ.

Список литературы

1. Баженов С.Л., Берлин А.А., Кульков А.А., Ошмян В.Г. Полимерные композиционные материалы. Долгопрудный: Издательский Дом «Интеллект», 2010. 352 с.

2. Каблов Е.Н. Становление отечественного космического материаловедения // Вестник Российского фонда фундаментальных исследований. 2017. № 3 (95). С. 97–105. DOI: 10.22204/2410-4639-2017-095-03-97-105.

3. Гузева Т.А., Цибизова Т.Ю. Системы автоматического управления технологческими процессами отверждения изделий из полимерных композитов // Клеи. Герметики. Технологии. 2015. № 5. С. 35–40.

4. Гузева Т.А. Отверждение полимерных связующих с помощью энергии электромагнитных колебаний сверхвысоких частот // Клеи. Герметики. Технологии. 2014. № 8. С. 30–32.

5. Буянов И.А. Особенности оценки теплостойкости полимерных связующих // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2013. № 4. С. 42–45.

6. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Ионно-плазменные процессы в тонкопленочной технологии. М.: Техносфера, 2010. 528 с.

7. Берлин Е.В., Сейдман Л.А. Получение тонких пленок реактивным магнетронным распылением. М.: Техносфера, 2014. 256 с.

8. Нелюб В.А. Технология металлизации углеродных тканей и свойства углепластиков на их основе // Технология металлов. 2018. № 3. С. 7–10.

9. Нелюб В.А. Оценка влияния металлизации поверхности углеродных лент на механические характеристики элементарных нитей // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2018. № 4. С. 2–6.

10. Баурова Н.И., Зорин В.А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве и ремонте машин: учеб. пособие. М.: МАДИ, 2016. 264 с.

11. Петрова А.П., Малышева Г.В. Клеи, клеевые связующие и клеевые препреги: учеб. пособие. М.: Изд-во ВИАМ, 2017. 472 с.

12. Полилов А.Н. Экспериментальная механика композитов: учеб. пособие. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2015. 375 с.

13. Алифанов О.М. и др. Основы идентификации и проектирования тепловых процессов и систем: учеб. пособие. М.: Логос, 2001. 399 с.

УДК 621.039.4:620.22:62-419:537.86

ПРЕДПОСЫЛКИ РЕГУЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ПОТОКОВ И АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Павлов С.П., Макарова В.М., Злобина И.В., Бекренев Н.В.

ФГБОУ ВО «Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А.», Саратов, e-mail: irinka_7_@mail.ru

Выполнено моделирование распределения температурных полей в объеме полимерных композиционных материалов (ПКМ) при наличии неоднородностей макроструктуры и состава. Показано, что путем введения в основной материал структур с высокой теплопроводностью, определенным образом распределенных по сечению образца, на основе разработанной компьютерной модели, возможно значимо повысить теплопроводность такой композиционной структуры. При этом отдельное значение приобретают особенности конструкции изделия. Приведены примеры организации введения теплопроводных структур в основной объем материала для различных значений требуемой теплопроводности и конструктивных решений элементарной ячейки изделия с учетом доли вводимого в нее теплопроводного материала. Констатировано, что современные аддитивные технологии, в частности FDM, позволяют практически реализовать предлагаемый подход к регулированию теплофизических характеристик перспективных ПКМ, используемых в изделиях, работающих в условиях высоких градиентов температур: авиакосмическая техника, строительные и другие инженерные конструкции, предназначенные для эксплуатации в условиях высокогорья, Арктики и Антарктики. Применение данных технологий особенно важно с учетом имеющихся решений по топологической оптимизации прочностных характеристик полимерных композиционных материалов путем формирования в их объеме упрочняющих структур в соответствии с установленной закономерностью распределения полей напряжений от действия внешних нагрузок.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, теплофизические характеристики, температурные градиенты, тепловое расширение, элементарная ячейка, профиль распределения компонента

PRECONDITIONS OF REGULATION OF THERMAL CONDUCTIVITY OF POLYMER COMPOSITES BASED ON MODELING OF HEAT FLOW AND ADDITIVE TECHNOLOGIES

Pavlov S.P., Makarova V.M., Zlobina I.V., Bekrenev N.V.

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov, Saratov, e-mail: irinka_7_@mail.ru

The simulation of temperature fields distribution in the volume of polymer composite materials (PCM) in the presence of macrostructure and composition inhomogeneities is performed. It is shown that by introducing into the base material structures with high thermal conductivity, which are distributed in a certain way over the cross section of the sample on the basis of the developed computer model, it is possible to significantly increase the thermal conductivity of such a composite structure taking into account the features of the product design. Examples of the organization of introduction of heat-conducting structures in the bulk of the material for different values of the required thermal conductivity and structural solutions of the unit cell of the product, taking into account the share of the input heat-conducting material. It is stated that modern additive technologies, in particular FDM, allow to practically implement the proposed approach to the regulation of thermophysical characteristics of promising PCM, used products operating under high temperature gradients: aerospace engineering, construction and other engineering structuBres designed for operation in high mountains, Arctic and Antarctic. The use of these technologies is especially important given the existing solutions for the topological optimization of the strength characteristics of polymer composite materials by forming in their volume hardening structures in accordance with the established pattern of distribution of stress fields from external loads.

Keywords: polymer composite materials, thermal characteristics, thermal conductivity, temperature gradients, thermal expansion, stresses, mathematical and computer modeling, unit cell, component distribution profile, additive technologies

Согласно материалам публичных аналитических докладов Сколковского Института Науки и Технологий 2014–2015 гг. [1, 2] основное внимание в ведущих промышленных странах уделяется нескольким направлениям научных исследований в интересах совершенствования производства: CAD/CAM/CAE технологии компьютерного проектирования сложных технических систем и процессов, робототехника, аддитивные технологии, композиционные материалы с иерархической структурой. При этом можно сделать вывод, что последние два направления тесно взаимосвязаны, поскольку наиболее эффективным методом формирования иерархической структуры материалов в условиях многономенклатурного производства, согласно разнообразным требованиям заказчиков, является послойное нанесение моно- или поликомпонентных составов (аддитивные процессы). При этом большое внимание уделяется качеству материалов.

За последние 20 лет объем применения композиционных, в том числе керамических, материалов в аэрокосмической технике увеличился более чем в два раза и данная динамика продолжает усиливаться [3–5]. В перспективе ожидается расширенное применение полимерных композиционных материалов (ПКМ) в ракетно-космической технике. Эта мировая тенденция характерна и для российской космической промышленности. В России разрабатывается и создается новое поколение космических аппаратов, в которых может быть заметно увеличена доля и роль композиционных и керамических материалов: перспективная экранновакуумная теплоизоляция с функцией микрометеороидной защиты для «Научно-энергетического модуля» МКС, лобовой теплозащитный экран для многоразового пилотируемого космического корабля «Федерация» и др. Планирующееся возобновление работ по исследованию и освоению Луны, в том числе с созданием на ее поверхности долговременных обитаемых модулей, также предполагает применение композиционных материалов со специальными функциональными свойствами.

При этом направления исследований в области материаловедения для космических аппаратов определяются спецификой долговременного нахождения данных объектов в открытом космическом пространстве под действием высоких градиентов температур, ионизирующих излучений, корпускулярных потоков и динамических нагрузок вследствие столкновений с микрометеоритами и «космическим мусором». В ходе исследований, выполненных космонавтами и астронавтами на долговременных космических станциях («Салют», «Скайлэб», «Мир», МКС), выявлены следующие основные факторы, влияющие на прочность и надежность конструкций из композиционных материалов: микроэрозионное повреждение поверхности и доотверждение связующего. При этом глубина повреждений и степень доотверждения зависят от состава и структуры материала, технологии его изготовления, исходной степени отверждения, максимальной температуры термоциклов и продолжительности экспонирования. Из-за температурного градиента по толщине образцов в процессе экспонирования формируется градиент физико-механических показателей ПКМ по толщине пластины. Вследствие упрочнения слоев гибридных композитов под воздействием термоциклов изменяется характер разрушения при изгибном нагружении [6]. Исследование поведения конструкций из ПКМ в космосе выявило особую важность их термостабильности в интервале температур 100…450 K в условиях периодических теплосмен, вызванных движением через теневые участки орбиты. Термостабильные конструкции создаются применением ПКМ с малыми значениями коэффициента линейного термического расширения (КЛТР) и высокой теплопроводностью. Считается [7], что для этой цели наилучшим образом подходят углепластики при условии значительного увеличения их теплопроводности в направлении больших ожидаемых температурных градиентов. Однако проблема создания теплопроводных композитных конструкций осложнена тем, что действительные физико-механические свойства ПКМ можно определить лишь после изготовления конкретной детали, т.е. в отвержденном состоянии. Кроме того, ПКМ отличаются значительной анизотропией физико-механических и теплофизических свойств, определяемой как схемами армирования, так и различием на порядок и более данных свойств для матрицы и наполнителя [8, 9]. Часто высокие физико-механические характеристики ПКМ слабо коррелируют с его теплофизическими свойствами, что создает трудности при разработке внешних конструкций как космических аппаратов, так и инженерных сооружений, предназначенных для эксплуатации в условиях Крайнего Севера, Антарктиды и высокогорья.

На основании изложенного, разработка методов регулирования теплофизических свойств полимерных композиционных материалов применительно к заданным условиям эксплуатации при сохранении высоких прочностных характеристик представляет собой актуальную научную и практическую задачу.

Для расчета эффективной термической проводимости элементарной периодической ячейки применяется метод гомогенизации, в котором гомогенизированные выражения могут быть получены из уравнений теплопроводности. По [10, 11] эффективная теплопроводность может быть определена в следующей форме:

$$k_{ij}^{e} = \frac{1}{|Y|}\int_{Y}\left(k(y)_{ij} - k(y)_{ij}\frac{\partial \zeta_i}{\partial y_j}\right)dY = \\ = \frac{1}{|Y|}\int_{Y} k(y)_{ij}\left(I - \frac{\partial \zeta_i}{\partial y_j}\right)dY, \qquad (1)$$

с локальной координатой y.

Если обозначить $I - \frac{\partial \zeta_i}{\partial y_j} = \frac{\partial T_i}{\partial y_j}$ [11], то, аналогично схеме, используемой для интерполяции локального тензора жесткости,

характеристическая функция T_i – является решением уравнения теплопроводности:

$$\frac{\partial}{\partial y_j}\left[k(y)\frac{\partial T_i}{\partial y_j}\right]=0. \quad (2)$$

Тогда эффективный тензор теплопроводности (1) может быть записан в виде

$$k_{ij}^e=\frac{1}{|Y|}\int_Y k(y_1,y_2)\frac{\partial T_j}{\partial y_i}dY. \quad (3)$$

Для двумерной ячейки тензор эффективной термической проводимости представляется как

$$k^e=\begin{bmatrix}k_{11}^e & 0\\ 0 & k_{22}^e\end{bmatrix}. \quad (4)$$

Таким образом, для измерения общей эффективной проводимости материала может служить выражение

$$tr\left(k^e\right)=k_{11}^e+k_{22}^e. \quad (5)$$

Граничные условия для определения k_{11}^e и k_{22}^e приведены на рис. 1.

Граничные условия для k_{11}^e:

$$T_1(0,y_2)=0;T_1(1,y_2)=1;$$
$$\frac{\partial T_1}{\partial y_1}(y_1,0)=\frac{\partial T_1}{\partial y_1}(y_1,1)=0.$$

Граничные условия для k_{22}^e:

$$T_2(y_1,0)=0;T_2(y_1,1)=1;$$
$$\frac{\partial T_2}{\partial y_2}(0,y_2)=\frac{\partial T_2}{\partial y_2}(1,y_2)=0.$$

Материалы и методы исследования

На сегодняшний день, метод гомогенизации [10] является эффективным подходом к вычислению глобальных физических свойств композита, таких как объемный модуль жесткости или термическая проводимость.

Определившись с упругой и термической гомогенизацией, представляется возможность поставить задачу оптимизации, которая позволит определить оптимальную топологию для сочетания упругой и термической задач. Такие задачи особенно интересны, когда упругие и термические свойства материалов сильно конкурируют друг с другом, и оптимальные топологии для отдельных задач оптимизации сильно отличаются друг от друга. Чтобы решить поставленную задачу, необходимо одновременно учитывать как упругие, так и термические свойства материала.

Предположим, что элементарная периодическая ячейка разбита на конечные элементы и каждому элементу присваивается переменная плотность, $\rho_n (n = 1, N)$. Следуя закону SIMP [12], в котором в качестве переменной управления в задаче оптимизации выступает искусственно введённая плотность $\rho(x)$, коэффициент теплопроводности:

$$k(x)=k_0\rho^P(x)+k_1\left(1-\rho^P(x)\right). \quad (6)$$

Здесь k_0, k_1 – коэффициенты термической проводимости материалов соответственно.

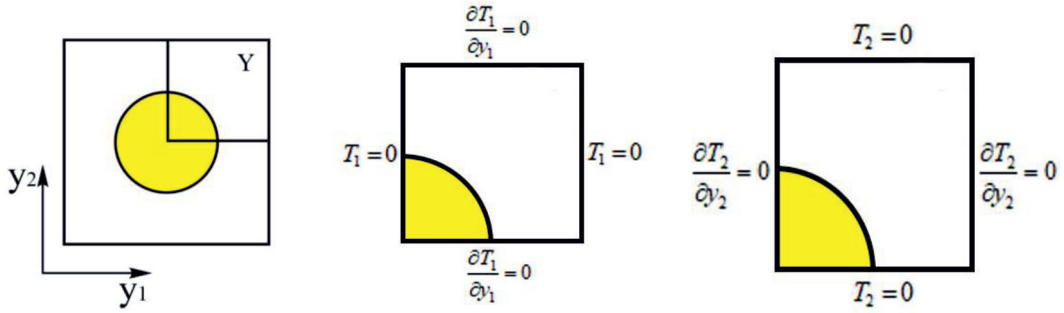
Показатель степени $p \geq 1$ является фактором штрафа и увеличение p приводит к более четкому решению. Показатель степени p обычно выбирают равным $p = 4$ или $p = 5$ [12].

Обычно задачи оптимизации на максимум для удобства расчетов сводятся к задачам на минимум.

Целевую функцию определим в виде

$$\min\left\{\frac{(q-1)tr(k^e)}{k_b}+q\frac{h_0h_{\max}}{A}\int_Y|\nabla\rho(x)|^2\,dY\right\}. \quad (7)$$

Здесь k_b – коэффициент теплопроводности, используемый для нормировки. Второе слагаемое является функцией штрафа для исключения эффекта «шахматной доски» в процессе оптимизации, h_0 первоначальный размер сетки и h_{max} – текущий размер сетки. Величина $0 \leq q \leq 1$ – заданный коэффициент, позволяющий сбалансировать функцию цели и функцию штрафа друг с другом. Следует отметить, что поиск минимума функции (8) соответствует задаче поиска максимума функции, стоящей после множителя $(q – 1)$ за счет того, что $q – 1 \leq 0$ [13].



а) *б)* *в)*

Рис. 1. Элементарная периодическая ячейка композита: а) область топологической оптимизации Y и граничные условия для задач теплопроводности (б), (в)

Ограничения для искусственно введенной плотности $\rho(x)$ выберем в виде

$$0 \le \int_Y \rho(x)\,dY \le \gamma A, \qquad (8)$$

$$0 < \delta \le \rho(x) \le 1. \qquad (9)$$

В формуле (8) A обозначает общий объем материала оптимизируемой области Y в элементарной периодической ячейке при $\rho(x) = 1$ и γ обозначает процент экономии материала с параметрами.

Поскольку для получения численного решения жесткость не должна полностью исчезать, положим, в неравенстве (9) δ равной некоторой достаточно малой величине, чтобы избежать сингулярности начальной матрицы жесткости при оптимизации.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим элементарную ячейку композита из двух материалов, коэффициенты термической проводимости которых соответственно равны $k_0 = 10$, $k_1 = 100$. Оптимальную микроструктуру композита будем строить для различных значений от $\gamma = 0{,}2$ до $\gamma = 0{,}9$, γ – объемная доля материала с коэффициентом теплопроводности $k_1 = 100$.

Тогда коэффициент теплопроводности в произвольной точке микроструктуры определяется выражением

$$k(x) = 10\rho^P(x) + 100(1 - \rho^P(x)). \qquad (10)$$

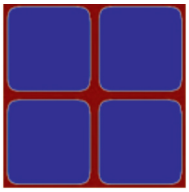
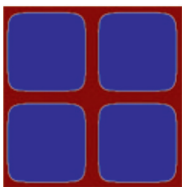
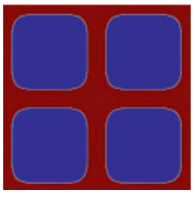
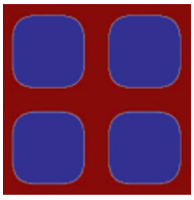
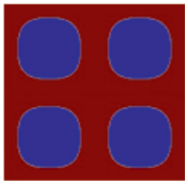
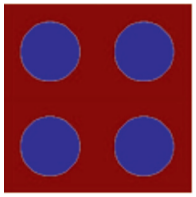
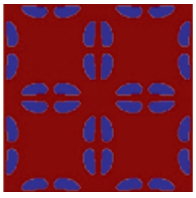
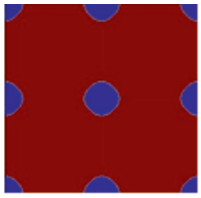
В таблице приведены оптимальные топологии, значения эффективной теплопроводности при различных значениях γ.

Построенная по результатам моделирования зависимость представлена на рис. 2.

Анализ графика (рис. 2) позволяет сделать вывод, что введение в структуру основного материала дополнительного компонента с высокой теплопроводностью, распределенного с учетом рациональной топологии, позволяет существенно повысить данную теплофизическую характеристику. Например, размещение 20 % от общего объема дополнительного компонента приводит к увеличению теплопроводности в 2 раза, а замена 80 % материала на теплопроводный компонент вызывает семикратное увеличение теплопроводности. С учетом возможных различий в механических характеристиках компонентов использование топологического структурирования ПКМ материалом с отличающейся от основного теплопроводностью позволяет путем введения относительно малой его доли, не вызывающей значимого изменения механических характеристик, существенно изменить в требуемом направлении теплофизические свойства. Таким образом, появляется инструмент направленного регулирования теплофизических свойств ПКМ с учетом их прочности и других механических свойств.

В то же время представленные выше результаты моделирования элементарных ячеек композиционного материала с внутренними структурами повышенной теплопроводности дают представление о высокой сложности формы данных структур, что требует оценки практической реализуемости предлагаемого подхода в серийной технологии.

Эффективная теплопроводность композита в зависимости от доли компонента с повышенной теплопроводностью в общем объеме

γ	0,2	0,3	0,4	0,5
				
$tr(k)/2$	19,9672	26,2511	33,2693	41,0807
γ	0,6	0,7	0,8	0,9
				
$tr(k)/2$	49,8471	59,7396	70,202	84,2823

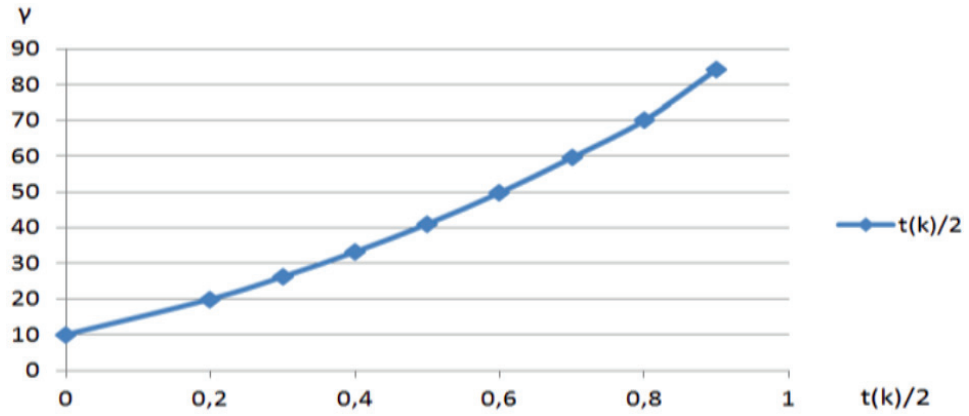


Рис. 2. Теоретическая зависимость теплопроводности ПКМ в зависимости от %% доли компонента с условной теплопроводностью γ = 100

В последнее время получают все большее распространение в различных областях производства аддитивные технологии прямого формирования трехмерных объектов любой сложности формы на основе разработанной компьютерной твердотельной модели [10–12]. Среди различных методов данного технологического направления технология FDM позволяет формировать композиционные изделия из различных полимерных материалов в соответствии с заданной структурой.

Ранее нами были получены положительные результаты по формированию упрочняющей топологии в виде армированного углеродными волокнами композита в объектах трехмерной печати путем выкладки армирующего материала в соответствии с полученным на основе компьютерного моделирования распределением полей напряжений. При этом полости для заполнения, имеющие сложную форму, были получены в процессе печати основы из пластика ABS [13]. Изучены теплофизические и механические свойства таких объектов, в том числе после дополнительного электрофизического воздействия [14, 15].

На основании изложенного представляется возможным предложить следующий алгоритм формирования структуры ПКМ с оптимизированными прочностными и теплофизическими характеристиками:

– на основе известных требований к изделию проектируется его конструкция;

– на основе конструкции формируется твердотельная модель изделия;

– с учетом распределения и расчетных численных эксплуатационных нагрузок моделируется распределение полей внутренних напряжений для последующего топологического упрочнения материалов с высокими модулем упругости и пределом выносливости и статической прочности;

– с учетом известных температурных градиентов и требуемой теплопроводности моделируется внутренняя структура из материала с высокой теплопроводностью;

– разрабатывается обобщенная твердотельная модель изделия, учитывающая упрочняющую топологию и распределение теплопроводных структур;

– подбираются соответствующие назначению основной конструкционный, упрочняющий материалы и материал с повышенной теплопроводностью;

– методом аддитивных технологий на основе многокомпонентной трехмерной печати формируется изделие.

Выводы

На основе математического и компьютерного моделирования получены топологии распределения дополнительного компонента с различным процентным содержанием в полимерном композиционном материале, позволяющие изменять его теплофизические характеристики, в частности теплопроводность.

Теоретически установлено, что в зависимости от доли содержания дополнительного компонента: (20–90)% условная теплопроводность композита повышается соответственно от 2 до 8 раз, что позволяет путем незначительных изменений содержания теплопроводного компонента в широких пределах направленно регулировать теплопроводность изделия из ПКМ.

Анализ современных технологий формирования изделий из полимерных и композиционных материалов позволяет сделать вывод о целесообразности применения технологий трехмерной печати для практиче-

ской реализации рассмотренного в данной статье подхода. Применение данных технологий особенно важно с учетом имеющихся решений по топологической оптимизации прочностных характеристик полимерных композиционных материалов путем формирования в их объеме упрочняющих структур в соответствии с установленной закономерностью распределения полей напряжений от действия внешних нагрузок.

Сочетание упрочняющей и теплофизической оптимизации структуры ПКМ позволит сформировать заданный условиями эксплуатации объекта комплекс свойств, что особенно важно для динамичных объектов, находящихся в условиях высоких температурных градиентов, например, космических аппаратов, а также инженерных конструкций и транспортной техники для зон Крайнего Севера и Антарктиды.

Исследования выполнены при поддержке гранта РФФИ № 17-03-00720 «Методология оптимизационного микроконструирования композиционных материалов для объектов сложной формы повышенной динамической прочности, послойно формируемых электротехнологическими методами».

Список литературы

1. Мирный М. Мировой рынок углепластиков достигнет отметки в $23 млрд к 2022 году [Электронный ресурс]. URL: http://mplast.by/novosti/2016-04-29-mirovoy-ryinok-ugleplastikov-dostignet-otmetki-v-23-mlrd-k-2022-godu/ (дата последнего обращения: 11.11.2018 г.)

2. Каблов Е.Н. Материалы и химические технологии для авиационной техники // Вестник Российской академии наук. 2012. Т. 82. № 6. С. 520–530.

3. Коваленко В.А., Кондратьев А.В. Применение полимерных композиционных материалов в изделиях ракетно-космической техники как резерв повышения ее массовой и функциональной эффективности. Аналитический обзор // Авиационно-космическая техника и технология. 2011. № 5. С. 14–20.

4. Каблов Е.Н., Старцев О.В., Деев И.С., Никишин Е.Ф. Свойства полимерных композиционных материалов после воздействия открытого космоса на околоземных орбитах // Все материалы. Энциклопедический справочник. 2012. № 11. С. 2–16.

5. Васильев В.В., Протасов В.В., Болотин В.В. Композиционные материалы: Справочник. М.: Машиностроение, 1990. 512 с.

6. Михайлин Ю.А. Конструкционные полимерные композиционные материалы. 2-е изд. СПб.: Научные основы и технологии, 2010. 822 с.

7. Bensoussan A., Papanicolaou G., Lions J.L. Asymptotic Analysis for Periodic Structures. North Holland, Amsterdam, 1978. 387 p.

8. Guest J., Prevost J. Optimizing multifunctional materials: design of microstructures for maximized stiffness and fluid permeability. International Journal of Solids and Structures 2006. no 43. P. 7028–7047.

9. Bendsoe M. P., Sigmund O. Topology Optimization. Theory, Methods and Applications. Berlin: Springer. 2003. 376 p.

10. Зленко М.А., Нагайцев М.В., Довбыш В.М. Аддитивные технологии в машиностроении. Пособие для инженеров. М.: ГНЦ РФ ФГУП «НАМИ», 2015. 220 с.

11. Holmes JR L.R., Riddick J.C. Research Summary of an Additive Manufacturing Technology for the Fabrication of 3D Composites with Tailored Internal Structure, JOM. 2014. no. 66. P. 270–274. DOI: 10.1007/s11837-013-0828-4.

12. Ehrenberg R. The 3-D Printing Revolution Dreams Made Real One Layer at a Time. Science News. 2013. no. 183. P. 20–25.

13. Злобина И.В., Бекренев Н.В., Павлов С.П. Методика проектирования и изготовления деталей сложной формы с применением аддитивных технологий с применением неметаллических композиционных материалов с топологической структурой // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. 2017. № 6. С. 69–75.

14. Злобина И.В., Бекренев Н.В., Павлов С.П. Исследование теплофизических характеристик стекло- угле пластиков и материалов, сформированных на основе аддитивных технологий по технологиям 3DP И FDM // Вектор науки Тольяттинского государственного университета. 2018. № 2. С. 26–33.

15. Злобина И.В., Бекренев Н.В., Павлов С.П. Исследование прочности модифицированных в СВЧ электромагнитном поле объектов 3D печати, армированных композитом с углеродным волокном // Вестник Южно-Уральского государственного университета. Серия: Машиностроение. 2017. Т. 17. № 4. С. 70–81.

УДК 004.8:519.86/.87

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ КОМПЛЕКСНЫХ ЭМОЦИЙ И КОМПЛЕКСНЫХ ВОСПИТАНИЙ РОБОТА

[1,2]Пенский О.Г., [1]Анисимова С.И.

[1]ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, e-mail: ogpensky@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Пермский государственный аграрно-технологический университет имени академика Д.Н. Прянишникова», Пермь, e-mail: ogpensky@mail.ru

В статье приведены математические модели комплексных эмоций и комплексного воспитания роботов, являющиеся обобщением единичных эмоций и воспитания. Также показано, что амбивалентные эмоции роботов являются частным случаем комплексных эмоций. Обосновывается четность количества компонент комплексных эмоций роботов. В статье предложен подход к моделированию эмоций роботов, основанный на том, что у робота при его любой реакции на внешние раздражители-стимулы возникают не единичные эмоции, а комплексные эмоции. В статье предложен подход, позволяющий описывать комплексные эмоции и комплексные воспитания роботов на основе принципов линейной алгебры. На основе модели комплексного воспитания роботов приведена классификация эмоциональных ступоров робота, основанная на количестве так называемых парных эмоциональных ступоров робота. Доказаны теоремы, описывающие необходимое условие наступления локального и всеобщего ступора робота. В статье предложен простой алгоритм определения парных, локальных и всеобщего эмоционального ступора робота при условии, что известен вектор комплексного воспитания робота. Более подробно рассмотрен парный ступор комплексных воспитаний равномерно забывчивых роботов с равноценными эмоциями, приведены уравнения, позволяющие прогнозировать наступление парных ступоров робота и позволяющие вычислять количество воспитательных тактов робота в зависимости от коэффициентов его памяти. Предложенные математические модели комплексных эмоций роботов и комплексных воспитаний могут использоваться при проектировании роботов с заданными «психологическими» свойствами и построении прогнозов поведения роботов на основе заданных свойств.

Ключевые слова: робот, воспитание робота, математическое моделирование, эмоции робота, эмоциональный ступор, комплексные эмоции

MATHEMATICAL MODELS OF COMPLEX EMOTIONS AND INTEGRATED EDUCATION OF THE ROBOT

[1,2]Penskiy O.G., [1]Anisimova S.I.

[1]Perm State National Research University, Perm, e-mail: ogpensky@mail.ru;

[2]Perm State Agrarian-Technological University named after academician D.N. Pryanishnikov, Perm, e-mail: ogpensky@mail.ru

The article presents mathematical models of complex emotions and integrated education of robots, which are a generalization of individual emotions and education. It is also shown that the ambivalent emotions of robots are a special case of complex emotions. The parity of the number of components of the complex emotions of robots is substantiated. The article proposes an approach to modeling the emotions of robots, based on the fact that the robot, with its any reaction to external stimuli, stimulates not individual emotions, but complex emotions. The article proposes an approach to describe the complex emotions and complex education of robots based on the principles of linear algebra. Based on the model of integrated education of robots, a classification of emotional stupas of the robot based on the number of so-called paired emotional stupas of the robot is given. Theorems that describe a necessary condition for the onset of a local and universal stupor of a robot are proved. The article proposes a simple algorithm for determining paired, local and universal emotional stupor of the robot, provided that the vector of integrated education of the robot is known. A paired stupor of complex educations of uniformly forgetful robots with equivalent emotions is considered in more detail, equations are given that make it possible to predict the onset of paired stupors of a robot and allow us to calculate the number of educational strokes of a robot depending on its memory coefficients. The proposed mathematical models of complex emotions of robots and complex educations can be used when designing robots with given «psychological» properties and building predictions of the behavior of robots based on the specified properties.

Keywords: robot, robot upbringing, mathematical modeling, robot emotions, emotional stupor, complex emotions

Моделированием эмоций роботов в РФ начали заниматься относительно недавно. Одна из первых научных публикации по этой теме появилась в РФ в середине 1960-х гг. [1], но эта работа была посвящена математизации так называемых одиночных эмоций человека. В работе [2] описаны модели амбивалентных эмоций роботов. И лишь в 2016 г. сделана первая попытка математической формализации комплексных эмоций [3] роботов, при этом предполагалось, что комплексные эмоции роботов определяются вектором $\overline{M}^j$, который имеет вид

$$\overline{M}^j = \left(M_i^j, \ldots, M_n^j\right), \qquad (1)$$

где M_i^j – базовая эмоция робота, аналогичная базовой эмоции человека [4], n – количество базовых эмоций в комплексной эмо-

ции робота, j – порядковый номер такта [5]. Отметим, что для представления комплексной эмоции в виде (1) вводится допущение о том, что все базовые эмоции имеют единую шкалу измерения.

Настоящая статья посвящена построению и исследованию моделей комплексных эмоций и воспитаний робота.

Комплексная эмоция робота с точки зрения векторной алгебры

Вектор $\overline{M}^j$ можно расписать в виде суммы векторов:

$$\overline{M}^j = \overline{M}_1 + \overline{M}_2 + ... + \overline{M}_n,$$

где

$$\overline{M_1} = (M_1^j, 0, \ldots, 0),$$
$$\overline{M_2} = (0, M_2^j, \ldots, 0),$$
$$\ldots$$
$$\overline{M_n} = (0, 0, \ldots, M_n^j).$$

Очевидно, что в пространстве таких векторов существует базис

$$e_1 = (1, 0, \cdots, 0),$$
$$e_2 = (0, 1, \ldots, 0),$$
$$\ldots$$
$$e_n = (0, 0, \ldots, 1).$$

Таким образом, справедливо равенство

$$\overline{M}^j = M_1^j e_1 + M_2^j e_2 + ... + M_n^j e_n,$$

и для комплексных эмоций робота выполняются правила векторной алгебры [6].

Будем предполагать, что базовые эмоции роботов удовлетворяют соотношениям

$$M_k^j > 0, M_{k+1}^j < 0, k = \overline{1, n-1}, 2,$$

где k – нечетные целые числа.

Приведенные выше неравенства можно описать формулой

$$M_k^j M_{k+1}^j < 0, k = \overline{1, n-1}, 2.$$

Таким образом, можно сделать вывод о том, что количество компонент в комплексной эмоции робота всегда равно четному числу. Нетрудно заметить, что комплексные эмоции являются вектором амбивалентных эмоций робота [3], расположенных друг за другом в записи комплексной эмоции робота.

Комплексное воспитание робота

Будем предполагать, что у робота в ответ на любой раздражитель-стимул-сюжет возникает комплексная эмоция. Будем считать, что комплексная эмоция робота порождает его комплексное воспитание

$$\overline{R}^j = \left[R_1^j, R_2^j, \ldots, R_{n-1}^j, R_n^j \right],$$

где R_i^j – воспитание робота, получаемое в результате действия эмоции с порядковым номером i на такте j. Согласно введенному выше правилу эмоции с нечетным индексом положительные, с четным – отрицательные.

Согласно работе [5] воспитание робота R_i^j представляется в виде

$$R_i^j = r_i^j + \Theta_i^j R_i^{j-1},$$

где j – порядковый номер такта; t_{j-1}, t_j – время начала и конца такта j соответственно; $r_i^j = \int_{t_{j-1}}^{t_j} M_i^j(\tau) d\tau$ элементарное воспитание робота, полученное на такте j, $r_i^0 = 0$; R_i^j – воспитание полученное роботом за время действия эмоции на такте j; Θ_i^j – коэффициент памяти робота [5].

Ступоры робота по комплексным эмоциям

Согласно работе [5] ступором называется состояние неопределенности робота при эмоциональном выборе. В работах [5, 7] предложены математические модели ступоров для некомплексных воспитаний робота R_1 и R_2, при этом ступор описывается единственным образом с помощью следующего соотношения:

$$R_1^j + R_2^j = 0.$$

Очевидно, что для комплексных воспитаний можно классифицировать все ступоры следующим образом:

1. Парный ступор.
2. Локальный ступор.
3. Всеобщий ступор.

Рассмотрим математические модели каждого из этих видов ступора.

Парный ступор возникает тогда, когда существует хотя бы одно такое нечетное значение величины i, что справедливо равенство

$$R_i^j + R_{i+1}^j = 0. \quad (2)$$

Локальный ступор – это ступор, при котором существует несколько таких нечетных значений величины i, что для этих значений справедливы соотношения (2).

Очевидно, что несколько парных ступоров могут породить локальный ступор.

Теорема 1. Если существует локальный ступор для воспитаний с нечетными номерами i и k, то сумма воспитаний с этими номерами и номерами $i + 1$, $k + 1$ равна нулю.

Доказательство. Так как согласно условию теоремы 1 справедливы соотношения

$$R_i^j + R_{i+1}^j = 0, \quad (3)$$

$$R_k^j + R_{k+1}^j = 0, \quad (4)$$

то, суммируя равенства (3) и (4), получим формулу

$$R_i^j + R_{i+1}^j + R_k^j + R_{k+1}^j = 0, \quad (5)$$

где $k \neq i$, i, k – нечетные.

Соотношение (5) доказывает теорему 1.

Всеобщим ступором назовем такой ступор, при котором для всех нечетных величин i справедливы равенства

$$R_i^j + R_{i+1}^j = 0, \quad i = \overline{1, n-1, 2}. \quad (6)$$

Теорема 2. Если наблюдается всеобщий ступор, то сумма всех компонент комплексного воспитания равна нулю.

Доказательство. В силу условия теоремы 2 справедливы соотношения (6), суммируя которые получаем формулу

$$\sum_{i=1}^{n} R_i^j = 0, \ i = \overline{1, n}. \quad (7)$$

Очевидно, что равенство (7) доказывает теорему 2.

Для компьютерной реализации определения вида ступоров в комплексном воспитании можно предложить следующий простой алгоритм:

1. Комплексное воспитание разбивается на компоненты, являющиеся соседними ненулевыми парами, таким образом, чтобы минимальный порядковый номер компоненты, начиная с единицы, был нечетным.

2. Суммируются воспитания каждой пары.

3. Определяются номера тех пар, чье суммарное воспитание равно нулю.

4. Выводятся на печать пары с нулевой суммой воспитаний.

5. Делается вывод: Если количество таких пар равно 1, то присутствует парный ступор; если количество пар больше 1, но меньше $\frac{n}{2}$, то присутствует локальный ступор; если количество пар равно $\frac{n}{2}$, то присутствует всеобщий ступор.

6. Конец.

Парный ступор равномерно забывчивых роботов с равноценными эмоциями

Таким образом, теорема 1 и теорема 2 формулируют необходимые условия для локального и всеобщего ступоров соответственно.

В работе [5] для равноценных эмоций равномерно забывчивых роботов доказана теорема о том, что существуют антиступорные коэффициенты памяти [8], то есть такие коэффициенты, при которых у робота никогда не наступит ступор. Обобщая работу [5] для комплексных воспитаний, можно сказать, что такими коэффициентами памяти являются, например, следующие числа – для воспитаний с нечетным номером i – коэффициент памяти, равный $\frac{1}{2}$ при одновременном равенстве $\frac{1}{3}$ коэффициента памяти у воспитаний с номером $i+1$ или наоборот.

Рассмотрим равномерно забывчивых роботов с парными одинаковыми по модулю равноценными эмоциями. Пусть рассматриваемая пара компонент-воспитаний комплексного воспитания имеет номера i и $i+1$. Тогда по определению равномерно забывчивых роботов с равноценными эмоциями [5] справедливы соотношения

$$r_i^j = q_i, \ r_{i+1}^j = -q_i,$$

$$\Theta_i^j = \Theta_i, \ \Theta_{i+1}^j = \Theta_{i+1}.$$

Вставляя эти обозначения в условие парного ступора, получим цепочку равенств:

$$R_i^j = q_i + \Theta_i R_i^{j-1},$$

$$R_{i+1}^j = -q_i - \Theta_{i+1} R_{i+1}^{j-1},$$

$$q_i + \Theta_i R_i^{j-1} - q_i - \Theta_{i+1} R_{i+1}^{j-1} = 0,$$

$$\Theta_i R_i^{j-1} = \Theta_{i+1} R_{i+1}^{j-1}. \quad (8)$$

Так как при введенных допущениях моделей равномерно забывчивые роботы имеют равноценные эмоции, то справедливы соотношения [5]:

$$R_i^{j-1} = q_i \frac{1-\Theta_i^{j-1}}{1-\Theta_i},$$

$$R_{i+1}^{j-1} = -q_i \frac{1-\Theta_{i+1}^{j-1}}{1-\Theta_{i+1}},$$

из которых для описания ступора согласно формуле (8) следует равенство

$$\Theta_i \frac{1-\Theta_i^{j-1}}{1-\Theta_i} = \Theta_{i+1} \frac{1-\Theta_{i+1}^{j-1}}{1-\Theta_{i+1}}. \quad (9)$$

В силу определения ступора справедливо равенство

$$\frac{1-\Theta_i^j}{1-\Theta_i} = \frac{1-\Theta_{i+1}^j}{1-\Theta_{i+1}}. \quad (10)$$

Численные эксперименты, проведенные на основе решения системы уравнений (9)–(10) при заданных величинах j, меняющихся согласно правилу $j = 1,1\bar{0}0,1$, показывают, что решением уравнений (9)–(10) являются любые коэффициенты памяти, удовлетворяющие равенству $\Theta_i = \Theta_{i+1}$.

Таким образом, выполненные численные эксперименты позволяют выдвинуть гипотезу о том, что парный ступор для равномерно забывчивых роботов с равноценными эмоциями возможен только при равенстве коэффициентов памяти парных комплексных эмоций робота.

В работе [5] введено понятие антиступорных коэффициентов памяти, т.е. коэффициентов, при которых ни при каком значении j не являются справедливыми равенства (9) и (10).

Согласно выполненным численным экспериментам можно выдвинуть гипотезу о том, что для равномерно забывчивых роботов с парными равноценными комплексными эмоциями все коэффициенты памяти, кроме равных друг другу, являются антиступорными коэффициентами памяти.

Предположим, что парный ступор возникает при предельном воспитании [5] робота. В этом случает равенство (10), описывающее парный ступор, примет вид

$$\frac{1}{1-\Theta_i} = \frac{1}{1-\Theta_{i+1}}. \qquad (11)$$

Нетрудно заметить, что соотношение (11) влечет формулу

$$\Theta_i = \Theta_{i+1}. \qquad (12)$$

Очевидно, что при справедливости равенства (12) всегда справедливо соотношение (9). Это позволяет сформулировать теорему 3:

Для равномерно забывчивых роботов с равноценными эмоциями для парного ступора предельных воспитаний необходимо и достаточно равенство коэффициентов памяти парных компонент комплексных эмоций робота.

Заключение

Таким образом, в настоящей статье предложена математическая модель комплексных эмоций и комплексных воспитаний робота, а также представление этих эмоций через базовые эмоции робота, приведены и доказаны условия возникновения ступоров при комплексных эмоциях робота. Предложенные модели могут использоваться как при анализе «психоэмоционального» состояния роботов, так и при проектировании эмоциональных роботов с заданными «психологическими» характеристиками.

Список литературы

1. Симонов П.В. Что такое эмоция? М.: Наука, 1966. 96 с.

2. Шафер А.Е. Модель амбивалентных эмоций робота // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2015. Вып. 2 (29). С. 63–66.

3. Пенский О.Г., Черников К.В. Модели амбивалентных эмоций роботов // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2010. Вып. 3(3). С. 72–77.

4. Базовые эмоции по Изарду [Электронный ресурс]. URL: http://psinovo.ru/stati/bazovie_emotsii_po_izardu.html (дата обращения 24.11.2018).

5. Пенский О.Г., Шарапов Ю.А., Ощепкова Н.В. Математические модели роботов с неабсолютной памятью и приложения моделей: монография. Пермь: Изд-во ПермГУ, 2018. 310 с.

6. Минорский В.П. Векторная алгебра. М.: Гос. изд-во технико-теоретической литературы, 1951. 80 с.

7. Шарапов Ю.А. Общая математическая модель принятия решений роботом в зависимости от его эмоционального псевдовоспитания и логического опыта // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 4–1. С. 62–66.

8. Попов Н.В. Исследование математической модели конфликтов в группе роботов // Вестник Пермского университета. Математика. Механика. Информатика. 2016. Вып. 1 (32). С. 10–15.

УДК 629.32:539.384

ПРОЧНОСТНОЙ РАСЧЕТ РАМЫ СОЛНЦЕКАТА «ТУРИСТ» ПРИ СТАТИЧЕСКОМ НАГРУЖЕНИИ

Поливанов А.А., Галущак В.С.

[1]Камышинский технологический институт (филиал) Волгоградского государственного технического университета, Камышин, e-mail: polivanov@kti.ru

В данной работе излагается методика расчета на прочность рамы солнцеката «Турист». Рассмотрены особенности изготовления рамы средства и ее основные характеристики. Для проведения прочностных расчетов выбран программный комплекс ANSYS. В качестве модели материала была выбрана билинейная модель пластичности с кинематическим упрочнением, а в качестве условия пластичности – критерий Мизеса. Рама считалась жестко закрепленной в точках крепления переднего колеса и элементов задней подвески. В процессе моделирования задавалась статическая нагрузка в диапазоне от 50 до 250 кг. В ходе анализа результатов расчетов были выявлены участки рамы, в которых возникают наиболее значительные деформации изгиба. При этом максимальная расчетная статическая нагрузка, при которой в раме возникают только обратимые деформации, составляет 172,5 кг, а потеря устойчивости и разрушение рамы происходит при нагрузке 228 кг. На основе полученных результатов сформулированы рекомендации по повышению жесткости рамы солнцеката «Турист», которые предусматривают дополнительное усиление слабых мест. Кроме этого, в статье сформулирован план дальнейших исследований, которые предполагают расчет рамы в динамической постановке, а также использование других конструкционных материалов.

Ключевые слова: электровелосипед, солнцекат, возобновляемые источники энергии, проектирование транспортных средств

STRENGTH CALCULATION OF THE FRAME OF SOLAR-ELECTRIC-MOBILE «TOURIST» UNDER STATIC LOADING

Polivanov A.A., Galuschak V.S.

Reader of Kamyshin Tecnological Institut (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: polivanov@kti.ru

This work describes research methods of strength calculating of the frame of solar-electric-mobile «Tourist». The peculiarities of the frame manufacture and its main characteristics was considered. For conduct strength calculations was selected the ANSYS tools. As a material model was chosen as the bilinear model of plasticity with kinematic hardening, and as a plasticity condition was chosen von Mises criterion. The frame was considered rigidly fixed at the points of attachment of the front wheel and elements of the rear suspension. In the modeling process were asked static load range from 50 to 250 kg. The analysis of calculations results revealed the areas of the frame that are experiencing the most significant bending deformation. The maximum calculated static load at which the frame occurs only reversible deformation, Is 172,5 kg, and the loss of stability and destruction of the frame is under load 228 kg. On the basis of the obtained results was formulated recommendations for enhancing the rigidity of the frame of the solar-electric-mobile «Tourist», which provide for additional strengthening of weak points. In addition, the article formulates a plan for further research, which involves the calculation of the frame in a dynamic setting, as well as the use of other structural materials.

Keywords: the electric bike, solar-electric-mobile, renewable energy, engineering vehicles

В настоящей статье представлены основные результаты, полученные авторами в ходе выполнения прочностных расчетов рамы транспортного средства «Солнцекат “Турист”» [1, 2]. Он к представляет собой одноместный туристический электровелосипед, работающий на солнечных батареях и аккумуляторной тяге. Изготавливается солнцекат силами сотрудников и студентов Камышинского технологического института (филиала) ВолгГТУ (г. Камышин, Волгоградская обл.). «Турист» способен ехать без усилий водителя весь световой день и до 35 км в темное время суток [1, 2]. Так, в сентябре 2016 г. первый прототип солнцеката участвовал в велопробеге по маршруту «Волгоград – Севастополь» общей протяженностью 1350 км и в настоящее время проходит испытания. Не вызывает сомнения, что транспортные средства такого типа, выполненные в различных конструктивных исполнениях, будут чрезвычайно востребованы в будущем.

В предыдущей работе [3] авторами были сформулированы задачи, которые требуется выполнить для формирования технического облика солнцеката «Турист». Особенности формирования технического облика транспортных средств подробно рассмотрены в работе [4]. Одной из первых задач, подлежащих рассмотрению, является определение прочностных характеристик рамы солнцеката и подготовка рекомендаций по ее оптимальному проектированию.

Цель исследования: проведение серии прочностных расчетов рамы солнцеката «Турист» при статической нагрузке и разра-

ботка соответствующих рекомендаций при проектировании серийных образцов.

Материалы и методы исследования

Для проведения прочностных расчетов выбран программный комплекс ANSYS, ввиду его универсальности и значительных возможностей по расчету стержневых систем. Кроме того, ANSYS позволяет проводить не только прочностные расчеты, но и вычислять собственные колебательные частоты, рассчитывать предельные значения ударных нагрузок, устойчивость и многое другое. Следует отметить, что ANSYS достаточно широко применяется для прочностных расчетов конструктивных элементов транспортных средств, примером чему являются такие работы, как [5–8].

В общем случае конструктивные особенности рамы определяются типом транспортного средства, который будет на ней собран. Существенную роль, в том, как это транспортное средство будет вести себя на дороге, играют профиль и структура элементов, из которых изготовлена рама. Не менее важное влияние на характеристики оказывают и механические свойства материала, из которого изготовлены эти элементы. При этом рамы из одного и того же материала, имеющие разную геометрию, могут существенно различаться по своим характеристикам жесткости и прочности, и, наоборот, рамы одинаковой конструкции, но изготовленные из разных материалов, также могут иметь различные характеристики. Наконец, важное значение имеет способ соединения между собой различных элементов рамы (сварное, болтовое, шарнирное и т.д.).

В настоящее время в производстве рам велосипедов, веломобилей и других легких транспортных средств используются следующие материалы:

– различные типы марок стали;
– алюминиевые сплавы;
– титановые сплавы;
– углепластик;
– карбон;
– редкие (магниевые, алюминиево-скандиевые и бериллиевые) сплавы.

Рама прототипа солнцеката «Турист» была спроектирована и изготовлена опытным путем, без выполнения предварительных прочностных расчетов, то есть разработчики выбрали геометрию и материалы интуитивно. Такой способ проектирования, который принято называть прототипированием, широко применялся ранее и в полной мере оправдывал себя, ввиду отсутствия специализированных программных комплексов для прочностных и иных расчетов. Сегодня же, когда такие возможности имеются, производители самой различной техники, прежде чем выпустить ее на рынок, проводят целый комплекс натурных и виртуальных испытаний, к которым относятся и прочностные расчеты. А поскольку натурные прочностные испытания рамы солнцеката не проводились, то количественные характеристики ее несущей способности к настоящему моменту неизвестны. Таким образом, определение несущей способности рамы солнцеката является важной и актуальной задачей. Эту задачу предполагается выполнить и авторам данной статьи.

Для изготовления основной рамы прототипа солнцеката «Турист» разработчиками был выбран профиль ГОСТ 30245-2003 из стали Ст3 размером 20*20 мм квадратного сечения, а для нижней несущей части – 20*40 мм прямоугольного сечения, толщиной 2 мм. Очевидно, что данный материал выбран разработчиками исходя из соображений его доступности и низкой стоимости, а также легкости обработки. Соединения в основном выполнены сварными, а в отдельных случаях – болтовыми. Независимо от этого, все соединения деталей рамы при построении геометрической модели принимались неразъемными. При этом однозначного ответа о пригодности данного материала для изготовления рамы солнцеката к настоящему моменту нет.

Таким образом, рама солнцеката «Турист» является цельным неразборным элементом (за исключением крепления переднего ведущего колеса и подвески задних колес, а также ручек рулевого управления). Кроме того, сверху к раме винтами прикреплен прозрачный обтекатель, изготовленный из листового поликарбоната толщиной 3 мм, который также обеспечивает дополнительную жесткость всей конструкции. Сверху на обтекатель наклеены три сегмента солнечной батареи. В данном расчете влияние обтекателя на прочность рамы в целом не учитывалось.

Далее перейдем непосредственно к прочностному расчету рамы солнцеката. Для его проведения необходимо произвести замеры всех участков рамы, и в последующем построить ее геометрической модель. Внешний вид геометрической модели, построенной средствами ANSYS, показан на рис. 1.

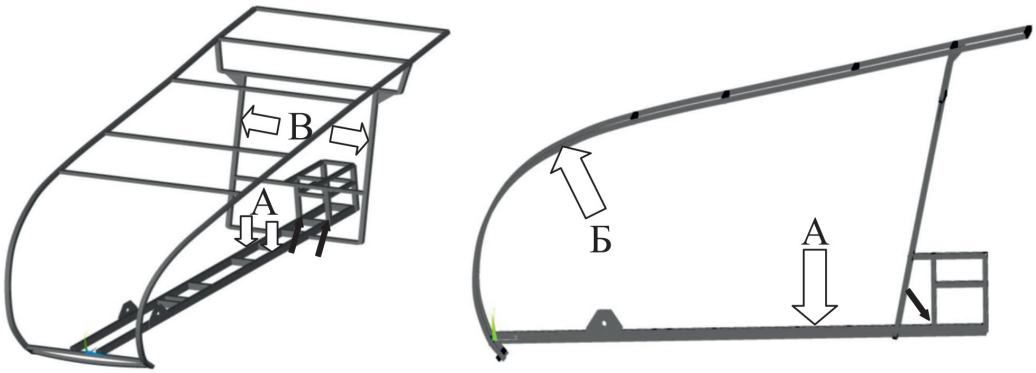


Рис. 1. Геометрическая модель рамы солнцеката

Модель состоит из 132 узлов и 180 ребер, проложенных между узлами, для которых выбран балочный элемент Beam189. Соединения крыши и остальной части рамы усилены четырьмя ребрами жесткости, для которых выбран четырехузловой тетраэдрический пространственный элемент Solid285. В реальной конструкции эти ребра выполнены из листовой стали Ст3 толщиной 3 мм и приварены к каркасу. Также с помощью элемента Solid285 образован узел крепления переднего колеса.

На данном рисунке не показаны элементы подвески и рулевого управления, расчет с их учетом будет проведен позже.

Для материала заданы следующие характеристики:
– модуль нормальной упругости: 200 ГПа;
– коэффициент Пуассона: 0,3;
– предел текучести: 240 МПа;
– предел прочности: 370 МПа;
– относительное удлинение при разрыве: 30%.

Расчетная масса рамы составила 33 кг, фактическая масса прототипа – 37 кг. Следует отметить, что расчетная масса всегда будет меньше фактической, так как при расчетах сложно учесть массу металла, образующего сварные швы, а также массу деталей болтовых соединений. Также фактическая масса профиля может отличаться от расчетной.

В качестве модели материала была выбрана билинейная модель пластичности с кинематическим упрочнением, а в качестве условия пластичности – критерий Мизеса.

Рама в данном расчете была жестко закреплена в точках крепления переднего колеса и элементов задней подвески. В процессе моделирования задавалась статическая нагрузка в диапазоне от 50 до 250 кг в точках, соответствующих местам крепления сиденья. Такие нагрузки характерны для этой модели солнцеката, так как отражают возможный вес пилота, полезного груза, а также значения динамических нагрузок при поездках на сверхдальние расстояния.

Целью данного расчета является получение значений критической нагрузки, при которой в раме образуются необратимые (пластические) деформации, что, разумеется, недопустимо. Кроме этого, необходимо определить зависимости деформации отдельных элементов рамы от величины нагрузки, на основании которых затем вычислить жесткость рамы в целом.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе анализа результатов расчетов были выявлены участки рамы, в которых возникают наиболее значительные деформации изгиба. Это нижний участок рамы в районе крепления сиденья (на рис. 1 эти точки обозначены буквой А), участок в районе закругления дуг, образующих крышу (обозначено буквой Б), и вертикальный участок рамы позади сиденья (обозначено буквой В). Светлыми стрелками показаны направления прогиба рамы. В других точках прогибы менее значительные. Точки, в которых необратимые деформации возникают первыми, обозначены на рисунке темными стрелками. Это места крепления нижней части рамы к узлам подвески задних колес.

На рис. 2 показан график, показывающий зависимость максимального прогиба рамы в точках крепления сиденья от величины нагрузки. Этот график (а также график, изображенный на рис. 3) построен на основе подробного анализа серии прочностных расчетов рамы в пакете ANSYS. Звездочкой показано значение нагрузки, при превышении которой в раме (непосредственно в месте прогиба) возникают пластические деформации. На основе этих результатов можно сделать вывод о том, что максимальная расчетная статическая нагрузка, при которой в раме возникают только обратимые деформации, составляет 172,5 кг. Очевидно, что фактическая эксплуатационная нагрузка будет ниже этой величины и для ее определения нужно проводить расчет рамы в динамической постановке и с учетом всех возможных механических воздействий.

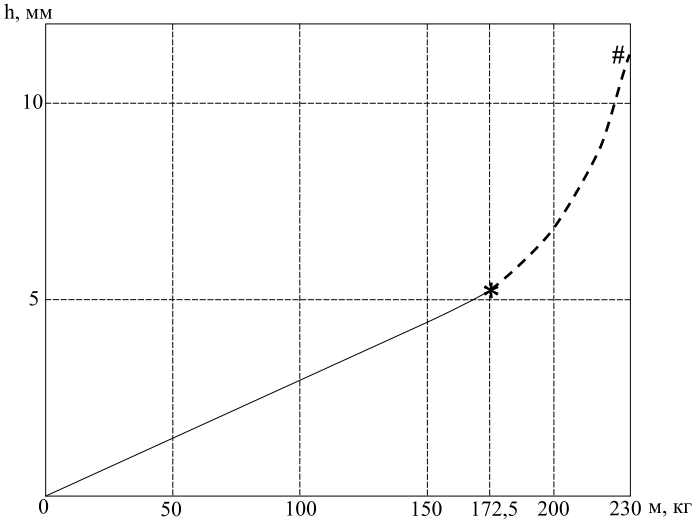


Рис. 2. Зависимость максимального прогиба рамы в точках крепления сиденья от величины нагрузки

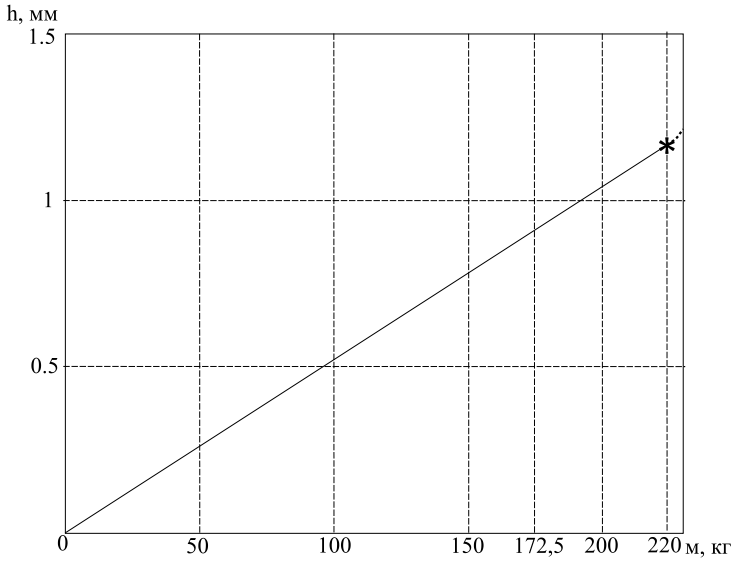


Рис. 3. Зависимость прогиба дуг, образующих крышу, от нагрузки

Значение статической нагрузки, при которой происходит потеря устойчивости и разрушение (заламывание) рамы, составляет 228 кг (это значение отмечено на графике символом #). Начало процесса разрушения рамы зафиксировано в тех же точках, в которых необратимые деформации возникают первыми.

На рис. 3 изображен график, отражающий зависимость прогиба дуг, образующих крышу солнцеката, от нагрузки. Этот параметр необходимо учитывать, поскольку крыша является несущим элементом для солнечных батарей, которые являются самым дорогим элементом солнцеката. Возможна ситуация, при которой значительный прогиб дуг крыши может привести к разрушению солнечных батарей, даже если деформация металла при этом останется обратимой. Значение нагрузки, при котором в материале дуг крыши возникают пластические деформации, также отмечено символом звездочки.

Из результатов, приведенных на рис. 3, можно сделать вывод, что при достижении статической нагрузки значения 172,5 кг (что соответствует началу необратимых деформаций отдельных элементов рамы) величина прогиба дуг крыши составляет менее 1 мм, что в целом укладывается в допустимые пределы для выбранного типа обтекателя и солнечных батарей и данная нагрузка не приведет к их разрушению. Однако, как уже отмечалось, данный расчет проводился без учета прочности обтекателя, который может создать дополнительную жесткость всей конструкции и уменьшить величину прогиба. Это, возможно, позволит сократить количество силовых элементов рамы, снизив таким образом ее массу и стоимость. Подобные подходы применяются сегодня, в частности, в автомобилестроении, когда переднее и заднее стекла являются частью силового каркаса кузова, за счет этого такие элементы конструкции, как стойки дверей и крыша, изготавливают из менее жестких стальных листов. В этом случае необходимо учитывать и прочность самого стеклянного полотна. Так, в работе [9] изложена методика прочностного расчета лобового стекла автомобиля ВАЗ-2172 «Приора» с использованием комплекса ANSYS. Аналогичный подход может быть применен и при расчете крыши-обтекателя солнцеката «Турист».

Вместе с тем, возможно наступление такого напряженно-деформированного состояния в верхней части рамы, при котором прогиб дуг крыши достигнет закритических значений, что повлечет за собой хрупкое растрескивание обтекателя (например, если он будет изготовлен из полиметилметакрилата, менее прочного материала, чем поликарбонат). Это неизбежно приведет к разрыву полотна солнечных батарей и их гарантированному разрушению. Для определения такого состояния и условий его наступления требуются дополнительные исследования, которые должны быть проведены, в том числе и с учетом необходимых характеристик самих солнечных батарей.

Кроме этого, при выполнении дальнейших работ по проектированию солнцеката следует учитывать, что значительные циклические деформации прогиба отдельных частей рамы могут привести к повреждению или даже раз-

рушению лакокрасочного покрытия на этих участках (даже если необратимые деформации металла, на который это покрытие нанесено, не достигаются), что повлечет за собой ухудшение внешнего вида готового изделия, а в дальнейшем – коррозию. Поэтому выбор лакокрасочного покрытия рамы и технологии его нанесения следует делать с учетом максимальных допустимых деформаций прогиба в раме. Ключевым параметром в этом случае будет механическая стойкость лакокрасочного покрытия (которая эквивалентна предельно допустимой многократно возникающей деформации, не приводящей к разрушению покрытия и не ухудшающей его защитных и косметических свойств в течение заявленного срока эксплуатации готового изделия).

На основе уже полученных результатов можно рекомендовать усилить нижнюю часть рамы в местах крепления сиденья, с целью снижения прогиба рамы. Для того чтобы выполнить эту задачу, требуется установка счет дополнительных элементов, либо изменение существующей конфигурации рамы. В рамках этой задачи авторами дополнительно был проведен численный эксперимент, в котором дополнительно были усилены элементы нижней части рамы, подвергающиеся наибольшим изгибающим нагрузкам (расположение этих элементов на рис. 1 обозначено буквой А). Данный участок рамы был изготовлен из профиля толщиной 4 мм. В результате удалось добиться увеличения предельно допустимой нагрузки на 22% (до 210 кг вместо 172 кг), однако общая картина напряженно-деформированного состояния рамы претерпела изменения, анализ которых будет проведен авторами в следующих работах.

Заключение

Таким образом, в ходе выполнения данной работы авторами была построена геометрическая модель рамы солнецеката «Турист» и произведен расчет ее прочности в статической постановке. В результате были получены значения нагрузки, вызывающей необратимую деформацию рамы и ее разрушение. На основе этих результатов были сформулированы рекомендации для увеличения прочности рамы в наиболее нагруженных участках и проведены уточняющие расчеты, подтвердившие правильность данных рекомендаций. Однако для выбора оптимального варианта геометрической модели рамы требуются дополнительные исследования.

В рамках продолжения данной работы авторами планируется решить следующие задачи:

– определить зависимость жесткостных и прочностных характеристик рамы от поперечного изгиба (в реальных условиях такой изгиб возможен при проезде глубоких неровностей дороги задними колесами) и от воздействия на раму внешней поперечной силы (например, при погрузке и транспортировке солнцеката);

– провести все расчеты прочностных и жесткостных характеристик рамы с учетом обтекателя и оценить его влияние на прочность рамы в целом;

– провести расчет всех ранее полученных прочностных и жесткостных характеристик рамы в динамической постановке и с учетом всех возможных эксплуатационных нагрузок;

– произвести анализ типов лакокрасочного покрытия, которые могут применяться для окраски рамы солнцеката, и их предельно допустимых деформаций, затем сопоставить их с максимальными расчетными значениями деформации рамы; в случае, если расчетные деформации рамы окажутся выше допустимых значений для выбранного покрытия, подготовить рекомендации для снижения деформаций, возникающих в раме;

– выполнить все необходимые прочностные расчеты данной конструкции рамы, изготовленной из других материалов (алюминия, карбона и т.д.);

– на основе проведенных расчетов подготовить рекомендации для проектирования оптимальной конструкции рамы солнцеката в целом с точки зрения прочности, жесткости, массы и стоимости.

Список литературы

1. Патент на полезную модель № 82640 Российская Федерация. Гелиовелосипед // Галущак В.С., Сошинов А.Г., Карпенко О.И. и др. Опубл. 10.05.09. Бюл. № 13. 3 с.

2. Солнцекат [Электронный ресурс]. URL: http://solncekat.ru/ (дата обращения: 20.11.2018).

3. Поливанов А.А., Галущак В.С. Основы концептуальных положений при проектировании солнцеката «Турист» // Успехи современной науки. 2017. Т. 4. № 4. С. 61–63.

4. Калимулин М.Р. Анализ процесса формирования технического облика особо лёгких высокоподвижных колёсных транспортных средств для горных условий эксплуатации // Электронный научно-технический журнал «Наука и образование». 2012. № 11. [Электронный ресурс]. URL: http://technomag.edu.ru/doc/465856.html. DOI: 10.7463/1112.0465856 (дата обращения: 20.11.2018).

5. Ковеня А.С., Пронкевич С.А., Чернышев Д.А. Моделирование напряженно-деформированного состояния каркаса городского автобуса в среде ANSYS // Автомобильная промышленность. 2011. № 3. С. 16–19.

6. Маркова Е.В., Чечуга О.В. Использование программы ANSYS для анализа работоспособности конструкций // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2016. № 8–2. С. 206–209.

7. Косенко Е.Е. и др. Моделирование напряженного состояния элемента рамной конструкции автомобиля в КЭ комплексе ANSYS // Вестник Донецкой академии автомобильного транспорта. 2014. № 4. С. 79–84.

8. Молчанов А.И., Молчанова Е.А. Решение инженерно-технических задач средствами ANSYS // Вестник Хакасского государственного университета им. Н.Ф. Катанова. 2012. № 1. С. 114–120.

9. Переверзев А.С., Семенихин Б.А., Кузнецова Л.П. Использование программного комплекса ANSYS для исследования прочностных характеристик ветрового стекла автомобиля // Известия Юго-Западного государственного университета. Серия: Техника и технологии. 2016. № 2(19). С. 108–114.

УДК 004.42:543.51

РАЗРАБОТКА ПРОГРАММНОГО МОДУЛЯ ДЛЯ ИДЕНТИФИКАЦИИ НИЗКОМОЛЕКУЛЯРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ ПО ДАННЫМ МАЛДИ МАСС-СПЕКТРОМЕТРИИ

[1]Посылкина А.А., [1]Карякина О.Е., [2]Карякин А.А.

[1]ФГАОУ ВО «Северный (Арктический) федеральный университет имени М.В. Ломоносова», Архангельск, e-mail: alena_posylkina@inbox.ru, novogil@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Северный государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения РФ, Архангельск, e-mail: biophyzica@gmail.com

В статье рассматриваются вопросы применения библиотек масс-спектральных данных для анализа химических соединений с помощью метода МАЛДИ масс-спектрометрии. Представлены результаты разработки программного модуля, позволяющего выполнять идентификацию низкомолекулярных соединений на основе анализа масс-спектрометрических данных. Программный модуль был создан с использованием среды визуального программирования «Lazarus» и технологией доступа к данным «ActiveX Data Objects». Хранение исходной информации реализовано с применением системы управления базой данных «MicrosoftAccess». Модуль предусматривает возможность автоматической обработки результатов МАЛДИ масс-спектрометрии анализируемого образца путем графического построения и масштабирования спектра. Идентификация низкомолекулярных соединений осуществляется в ходе процесса сопоставления массы пика экспериментального спектра со значением масс химических соединений в базе данных в выделенном пользователем участке спектра с учетом заданной величины погрешности. Для каждого химического соединения, представленного в базе данных, приведены название, молекулярная масса, брутто-формула и поясняющий комментарий, также при необходимости возможно обновление базы химических соединений информацией об интересующих компонентах. Результатом применения программы является повышение эффективности процесса идентификации неизвестного низкомолекулярного химического соединения с детализированным представлением информации о компонентах масс-спектра.

Ключевые слова: идентификация, МАЛДИ масс-спектрометрия, низкомолекулярные соединения

THE DEVELOPMENT OF THE SOFTWARE MODULE FOR THE IDENTIFICATION OF LOW-MOLECULAR COMPOUNDS BY MALDI MASS SPECTROMETRY

[1]Posylkina A.A., [1]Karyakina O.E., [2]Karyakin A.A.

[1]Northern (Arctic) Federal University (NArFU), Arkhangelsk, e-mail: alena_posylkina@inbox.ru, novogil@mail.ru, biophyzica@gmail.com;

[2]Northern State Medical University, Arkhangelsk, e-mail: biophyzica@gmail.com

The article discusses the use of mass spectral data libraries for the analysis of chemical compounds using the MALDI mass spectrometry. The results of the development of a software module that allows the identification of low-molecular compounds based on the analysis of MALDI mass spectrometric data are presented. Software module was developed in visual programming environment «Lazarus» with using data access technology «ActiveX Data Objects». Storage of initial information is implemented using the Microsoft Access database management system. Module makes it possible to automate the data processing of MALDI mass spectrometry results by graphical analysis and scaling of mass spectrum. Identification of low-molecular compounds is realized of compare experimental peak spectrum mass with spectrum of chemical compound mass in database with given quantity of data error. For each chemical compound replaced in database is present chemical name, molecular weight, gross-formula and comment. If necessary, it is possible to update the database of chemical compounds with information about the components of interest. The result of the application of the program is to increase the efficiency of the process of identifying an unknown low-molecular chemical compound with a detailed presentation of information about the components of the mass spectrum.

Keywords: identification, MALDI mass-spectrometry, low-molecular compounds

В настоящее время МАЛДИ масс-спектрометрия зарекомендовала себя как перспективный метод, используемый в современных лабораторных исследованиях в различных областях науки. В основе действия метода лежит облучение короткими лазерными импульсами исследуемого образца, который является твердым раствором анализируемого соединения в органической матрице [1].

Анализируемый образец наносится на мишень МАЛДИ, которая затем помещается в масс-спектрометр, и выполняется анализ исследуемого вещества. Молекулами матрицы поглощается испускаемый короткий световой импульс лазера и происходит разрушение ее кристаллической решетки. При этом часть молекул вырывается с поверхности мишени и образует высокотемпературный суперплотный газ (зона шлейфа), где присутствуют молекулы анализируемого вещества, сохранившие исходную структуру. Нейтральные молекулы и частицы плазмы откачиваются насосами, а образо-

вавшиеся ионы вытягиваются и ускоряются высоким потенциалом по направлению к анализатору. Процесс ионизации и регистрации ионов повторяется после того, как детектора достигнет наиболее тяжелый ион за счет испускания нового лазерного импульса. Спектры всех лазерных импульсов суммируются до получения информативных данных о молекулярной массе анализируемого соединения [2, 3].

Метод МАЛДИ характеризуется рядом преимуществ в сравнении с классическими методами лабораторных исследований, к которым относятся:

– существенное сокращение финансовых затрат на проведение лабораторного анализа за счет низкой стоимости расходных материалов;

– возможность проведения экспресс-тестов (пробоподготовка занимает приблизительно 5–10 мин, а процедура регистрации спектра – 1–2 мин);

– возможность проведения анализа большого количества образцов за одно исследование;

– использование специализированного программного обеспечения, автоматизирующего процесс анализа и самостоятельно интерпретирующего получаемые молекулярные спектры [4, 5].

Проведение исследований с использованием метода МАЛДИ получило широкое распространение в ведущих медицинских и научных центрах, как в России, так и за рубежом с большой вариацией аппаратных и программных решений и комплексными базами эталонных данных. Так метод МАЛДИ масс-спектрометрии активно используется как при традиционных исследованиях биополимеров, микроорганизмов и вирусов, так и при разработке новых лекарственных препаратов, в области клинической лабораторной диагностики различных заболеваний [6].

Широкое применение метод МАЛДИ нашел в анализе высокомолекулярных органических структур, однако представляет интерес и в изучении низкомолекулярных соединений массой менее 1000 Да. Существенным ограничением при идентификации низкомолекулярных МАЛДИ масс-спектров является отсутствие узкоспециализированных баз данных.

В международной практике широкое распространение получили библиотеки масс-спектральных данных, содержащие информацию о структуре анализируемых соединений. Среди наиболее известных – библиотека масс-спектральных данных «WILEY», поддерживаемая компанией «VCH Data Group» (Германия) и содержащая около 450 тыс. эталонных масс-спектров. Следует выделить также библиотеку «NIST», разработанную и поддерживаемую Национальным институтом стандартизации и технологии США, которая включает более 300 тыс. эталонных масс-спектров [7]. Значительный объем данных в вышеупомянутых библиотеках обеспечивается за счёт присутствия информации о синтетических химических соединениях, в то время как поиск сведений о низкомолекулярных химических соединениях сопряжен для исследователя со значительными временными затратами и информационными трудностями. Кроме того, первоначально основное направление МАЛДИ масс-спектрометрии было связано с анализом высокомолекулярных органических соединений. В настоящее время актуальным является изучение возможностей данного метода в области низких масс, в связи с чем требуется создание специализированных программных средств для обеспечения эффективности лабораторных исследований.

Цель исследования: разработка программного модуля для повышения эффективности процесса идентификации низкомолекулярных соединений по данным МАЛДИ масс-спектрометрии.

Материалы и методы исследования

При разработке программного модуля была использована классическая каскадная модель программирования, включающая пять основных этапов: проектирование, дизайн, кодирование, тестирование и поддержка. На первом этапе была разработана структура программного модуля, определены функциональные требования. Далее был сформирован удобный в применении и интуитивно понятный для пользователя интерфейс. Программный модуль для идентификации низкомолекулярных органических соединений был разработан с использованием среды визуального программирования «Lazarus» и технологией доступа к данным «ActiveX Data Objects» (ADO). Хранение исходной информации реализовано с применением системы управления базами данных «Microsoft Access».

Результаты исследования и их обсуждение

На первом этапе исследования был осуществлен поиск прототипов разрабатываемого программного модуля, в качестве которых был выбран интерпретатор масс-спектров NIST (США) и масс-спектральный идентификатор «АИПСИН АнтиНаркотики» (Беларусь).

Интерпретатор масс-спектров NIST представляет собой утилиту, для которой характерно наличие функций построения и обработки спектральной информации, встроенного изотопного калькулятора, используемого для получения информации

о теоретически рассчитанном изотопном распределении конкретного иона [8]. Интерпретатор может быть использован для генерации различных брутто-формул при анализе фрагментов масс-спектра, однако его библиотека данных не содержит сведений о низкомолекулярных органических соединениях.

Масс-спектральный идентификатор «АИПСИН АнтиНаркотики» представляет собой специализированное информационное приложение для поиска химических соединений по масс-спектрам. Основной задачей данного приложения является автоматизация процесса обработки, расшифровки и интерпретации аналитических данных, получаемых с помощью хроматографического оборудования, оснащенного масс-детектором (хромато-масс-спектрометра). Идентификация анализируемых веществ осуществляется путем сравнения экспериментально полученной масс-спектральной информации с эталонными спектрами, содержащимися в библиотеке системы АИПСИН. Основным недостатком рассматриваемого масс-спектрального идентификатора является ориентирование на установление структуры и статуса контроля наркотических, психотропных веществ, их производных, аналогов, метаболитов и прекурсоров [9].

На рис. 1 представлена структура разработанного программного модуля, демонстрирующая основные функциональные блоки.

Работа с разработанным программным модулем для идентификации низкомолекулярных соединений по данным МАЛДИ масс-спектрометрии включает в себя следующие этапы: установка модуля на ПК; ввод данных масс-спектра; автоматическая обработка введенных данных; идентификация масс-спектральных пиков и получение информации об идентифицированном соединении.

Установка модуля на персональный компьютер осуществляется автоматически при переносе пакета программных файлов. Масс-спектральные данные, представленные в формате таблицы числовых значений масс, загружаются пользователем в главном окне программного модуля с расширением «*.txt».

На следующем этапе выполняется автоматическая обработка введенных МАЛДИ масс-спектральных данных, в результате которой в левой части диалогового окна программного модуля отображаются результаты графического построения исходного спектра анализируемого образца, в правой части – его вариант с масштабированием для обеспечения удобства обработки данных пользователем (рис. 2). Предусмотрена также возможность построения спектра в заданном пользователем диапазоне масс.

Для удобства работы со спектрами в программном модуле предусмотрена функция дополнительного масштабирования графиков с использованием опции «Значение интенсивности в точках», которая позволяет оператору с высокой степенью детализации оценить значение интенсивности сигнала в выделенном участке спектра (рис. 3).

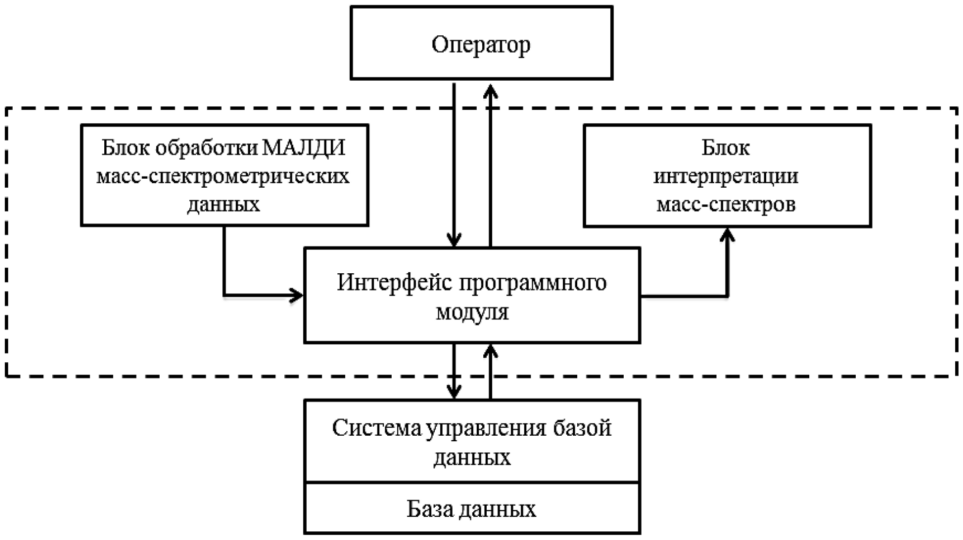


Рис. 1. Структура программного модуля

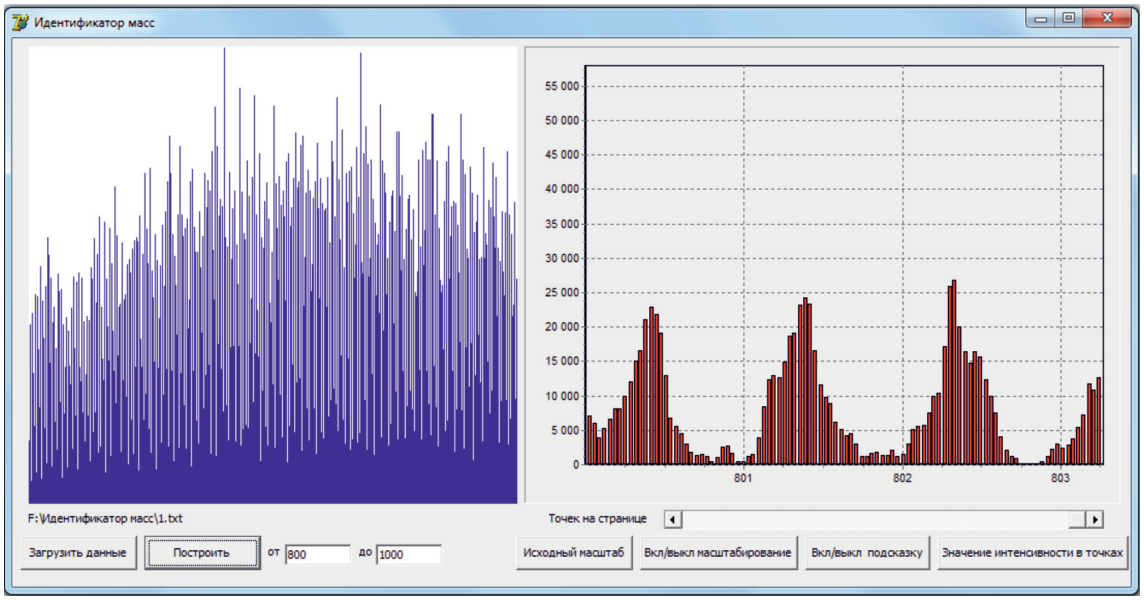


Рис. 2. Построение графического масс-спектра анализируемого соединения в разработанном программном модуле

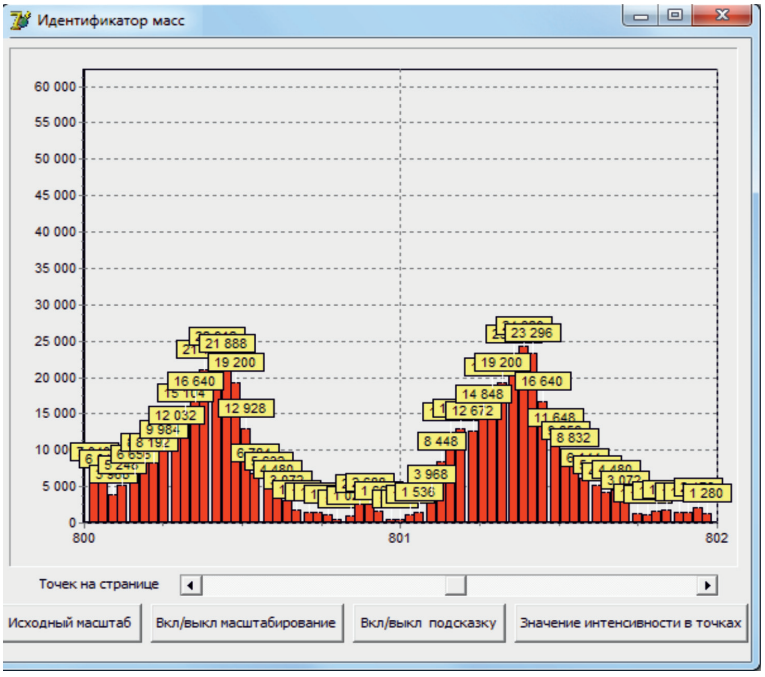


Рис. 3. Диалоговое окно программного модуля для оценки спектра анализируемого образца с использованием опции «Значение интенсивности в точках»

Идентификация спектральных пиков происходит при нажатии на интересующий участок спектра. Программный модуль сравнивает массу пика экспериментального спектра со значением масс химических соединений в базе данных и выдает все совпадающие результаты в соответствии со значением погрешности, введенным оператором (рис. 4). Для каждого соединения в базе данных представлены название, молекулярная масса, брутто-формула и поясняющий комментарий. Поскольку при масс-спектральном анализе идентифицируемое соединение может содержать ионы H, Li, Na или H2O, для более точного определения предусмотрен пересчет массы с учетом массы указанных ионов.

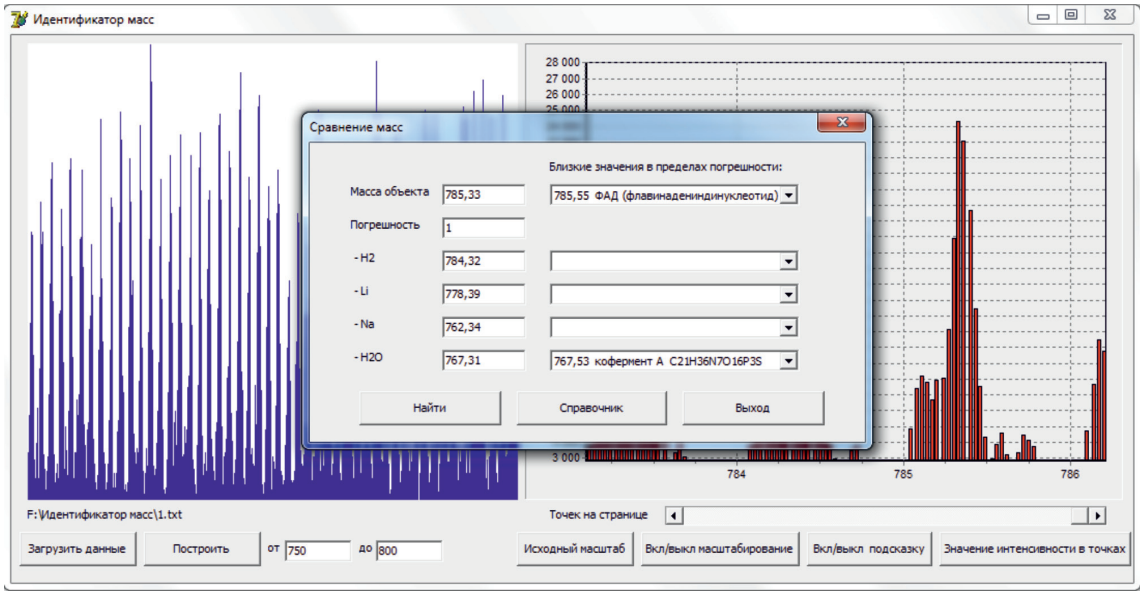


Рис. 4. Диалоговое окно идентификации масс-спектральных пиков низкомолекулярных соединений

В настоящее время в базе данных разработанного программного модуля аккумулированы сведения о более чем 500 химических соединениях. При необходимости оператор может самостоятельно вносить информацию в базу данных программного модуля, воспользовавшись опцией «Перейти к базе данных». В электронной форме «Справочник» необходимо внести данные химического соединения (массу, название, брутто-формулу и комментарий), выбрав опцию «Добавить». Обновление библиотек данных предусмотрено локально, то есть путем внесения новых данных пользователем. При необходимости использования программного модуля пользователями на нескольких рабочих станциях возможна настройка базы данных по локальной сети организации.

Заключение

Таким образом, разработанный программный модуль позволяет:

– выполнять графическое построение масс-спектра анализируемого образца и его масштабирование;

– выводить на экран детализированную информацию о компонентах масс-спектра;

– осуществлять идентификацию низкомолекулярных соединений с учетом веденной пользователем погрешности и представлением результатов;

– импортировать в базу данных новые сведения о значениях молекулярных масс.

Использование программного модуля позволит оператору повысить эффективность идентификации неизвестного низкомолекулярного соединения, однако корректность результата идентификации, предложенного программным модулем, должна быть проверена специалистом спектрометрической лаборатории. Кроме того, модуль может быть использован при для идентификации химических соединений вне зависимости от их массы при условии обновления оператором базы данных.

Список литературы

1. Спицын А.Н., Уткин Д.В., Куклев В.Е. Применение MALDI масс-спектрометрии в диагностике особо опасных инфекционных болезней: современное состояние и перспективы // Проблемы особо опасных инфекций. 2014. № 3. С. 77–82.

2. Лебедев А.Т. Масс-спектрометрия для анализа объектов окружающей среды. М.: Техносфера, 2013. 632 с.

3. Ходорковский М.А. МАЛДИ спектроскопия сложных соединений: методическое пособие. М.: Наука, 2014. 20 с.

4. Баранцевич Е.П., Баранцевич Н.Е. Применение MALDI-TOF масс-спектрометрии в клинической микробиологии // Трансляционная медицина. 2014. № 3. С. 23–28.

5. Беризовская Е.И., Ихалайнен А.А., Антохин А.М. Методы обработки масс-спектрометрических данных при идентификации пептидов и белков // Вестник Московского университета. Серия 2. Химия. 2015. № 5. С. 266–278.

6. Мильман Б.Л., Ильясов Ю.Ю., Луговкина Н.В. «Низкомолекулярный» подход к идентификации микроорганизмов методом масс-спектрометрии МАЛДИ // Масс-спектрометрия. 2016. № 3. С. 157–166.

7. Мильман Б.Л. Журкович И.К. Избранная статистика использования библиотек масс-спектров // Масс-спектрометрия. 2014. № 11 (2). С. 123–125.

8. NIST Chemistry WebBook [Электронный ресурс]. URL: https://webbook.nist.gov/chemistry/name-ser/ (дата обращения: 20.10.2018).

9. Мисник В.А., Павловец Ю.С., Шевчук Т.А., Юрченко Р.А. Информационно-поисковая система «АИПСИН АнтиНаркотики» и возможности ее использования в правоохранительных органах // Вопросы оборонной техники. 2013. № 11–12. С. 22–27.

УДК 69:62

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Сегаев И.Н., Репников М.С., Смирнова Ю.О.

ФГБОУ ВО «Пензенский государственный институт архитектуры и строительства», Пенза, e-mail: segaevivan@yandex.ru, repnikov-penza@mail.ru, ulaol@mail.ru

Изучение состояния строительного комплекса как значимой части в структуре экономики страны, а также путей его развития является важной научно-практической задачей. Целью данной работы является проведение анализа современных технических и технологических решений в строительстве, позволяющего выявить перспективные направления развития строительной отрасли и определить точки роста. Определены основные задачи, решение которых обеспечивает рост доли инновационных решений в строительстве, выявлены цели реализации проектов по развитию строительной техники, рассмотрены вопросы применения альтернативной энергии при организации отопления помещений, изучен опыт применения 3D технологий в строительстве, а также применения современных технических решений, к которым относится радиопрограммное управление кранами, позволяющее повысить скорость и точность проводимых работ, сократить его продолжительность и себестоимость, повысить производительность грузоподъемных и транспортных средств. В отличие от современных материалов современные технологии развиваются эволюционным путем. Выявлена взаимосвязь между развитием технических, технологических, проектных решений и производством строительных материалов для инновационного развития строительной отрасли. Главными тенденциями формирования современного жилищного строительства стали снижение затрат и себестоимости не только строительства, но всей стоимости жизненного цикла объекта недвижимости. Эти тенденции будут определять перспективность современных технологий и материалов следующие десятилетия.

Ключевые слова: инновации, строительные материалы, строительство, техника, технологии, конструкции, альтернативная энергия, теплоизоляция

ANALYSIS OF MODERN TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL SOLUTIONS IN CONSTRUCTION

Segaev I.N., Repnikov M.S., Smirnova Yu.O.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Penza State Institute of Architecture and Construction», Penza, e-mail: segaevivan@yandex.ru, repnikov-penza@mail.ru, ulaol@mail.ru

The study of the state of the construction complex as an important part in the structure of the country's economy, as well as ways of its development is an important scientific and practical task. The purpose of this work is to analyze modern technical and technological solutions in construction, which allows to identify promising areas of development of the construction industry and to determine the points of growth. Identified the main tasks the solution of which provides an increase in the share of innovative solutions to the construction, the identified projects for the development of construction machinery, the article discusses the use of alternative energy in the organization of space heating, the studied experience of the application of 3D technologies in the construction and application of modern technical solutions, which include radioprogramme crane, which allows to increase the speed and accuracy of the operations, reduce its duration and cost, increase productivity, and lifting of vehicles. Unlike modern materials, modern technologies are evolving in an evolutionary way. The interrelation between development of technical, technological, design decisions and production of construction materials for innovative development of construction branch is revealed. The main trends in the formation of modern housing construction are the reduction of costs and the cost of not only construction, but the entire life cycle of the property. These trends will determine the future of modern technologies and materials for the next decades.

Keywords: innovation, building materials, construction, technology, construction, alternative energy, insulation

При современном состоянии развития строительной индустрии наиболее востребованными являются инновационные решения. О перспективности работ по новым строительным материалам говорит та ситуация, при которой почти четверть патентов приходится именно на эту область. Подтверждением тому также являются изменения в сегментации рынков строительных материалов, что также связано с повышением покупательной способности домохозяйств и непрерывным наращиванием объемов жилого и промышленного строительства. Постоянно прогрессирующая потребность в современной отделке в строительстве требует от строителей применения инновационных решений и технологий при проведении работ. На сегодняшний день выделяется несколько приоритетных направлений развития строительной отрасли:

– производство строительных материалов;

– развитие дренажных систем и связанных с ними технологий строительного производства;

– 3D технологии в строительстве;

– в сфере высотного строительства;

– технологии «умных» стекол;

– в сфере развития технического состояния в строительстве;

– в сфере повышения экологической безопасности в строительстве;

– теплоизоляция помещений.

Безусловно, данный список можно расширить, так как инновационные технологии охватывают все стадии и этапы строительства. На практике каждый строительный объект отличается от предыдущего использованием в нём более новых материалов, так как инновационное развитие строительной отрасли является процессом постоянным и непрекращающимся.

Цель исследования: проведение анализа современных технических и технологических решений в строительстве, позволяющего выявить перспективные направления развития строительной отрасли и определить точки роста.

Материалы и методы исследования

Материалом для статьи послужили результаты анализа состояния строительного комплекса, как значимой части в структуре экономики страны, а также путей его развития, выполненного авторами. В качестве основных методов исследования использованы критериальный и сравнительный анализы, метод обобщения.

Результаты исследования и их обсуждение

Основными задачами, решение которых обеспечивает рост доли инновационных решений в строительстве, являются повышение теплоизоляционных свойств материалов, их прочностных характеристик с сохранением или даже уменьшением удельной массы, использование экологически чистых материалов, а также улучшение эргономики.

В современном жилищном, промышленном и гидротехническом строительстве наиболее распространённым материалом является бетон, так как он обладает большой эластичностью и множеством свойств, которые подлежать регуляции за счёт использования различных пластификаторов и добавок. Использование этого материала получило широкое распространение за счёт возможности использования вариаций технологий его укладки, что позволяет использовать его при реализации новых инновационных технологических строительных процессов.

Немногие обладают представлениями о том, какими свойствами должен и может обладать бетон. Как и любой другой материал, бетон имеет свои преимущества и недостатки.

На сегодняшний день применяют технологии, использование которых позволяет добиваться получения равенства рабочих и эстетических характеристик между современными бетонами и керамической плиткой и даже натуральным камнем. Впоследствии применение таких бетоном приводит к увеличению срока службы изделий и снижению затрат на строительство.

В последнее десятилетие получили развитие технологии обработки бетонных поверхностей, к которым можно отнести алмазную, гидроструйную, канатную и лазерную резки и шлифовку, а также с пропитыванием бетона специальными составами. Данная процедура обеспечивает за счёт изменения структуры поверхности бетона улучшение потребительских качеств, таких как стойкость к истиранию и твёрдость.

Сегодня, благодаря добавлению новых компонентов в строительные материалы, можно создавать теплые и уникальные дома, не требующие больших вложений в энергоносители [1].

Каждый день реализуются проекты по развитию строительной техники. В этом направлении основной целью является обеспечение точности выполнения работ, уменьшение шумовых показателей при проведении строительных работ, повышением экологических показателей, что в свою очередь должно отразиться на снижении себестоимости работ.

Применение альтернативной энергии при организации отопления помещений также можно отнести к современным технологическим решениям. Источниками для получения альтернативой энергии для дома могут служить воздух, вода, солнце и даже земля. Использование экологически безопасных и возобновляемых природных ресурсов стало уже жизненной необходимостью. К наиболее распространенным устройствам для извлечения тепловой или электрической энергии из окружающей среды можно отнести:

– солнечные батареи;

– солнечные коллекторы;

– ветрогенераторы;

– тепловые насосы;

– генераторы биогаза.

В настоящее время большое внимание уделяется технологиям, позволяющим повысить энергетическую эффективность ограждающих конструкций. Разрабатываются и внедряются в производство строительные теплоизоляционные материалы среди которых можно выделить следующие:

1. Плиты из пенополистирола. Использование строительного теплоизоляционного материала данного типа позволяет снизить трудозатраты на возведение стен здания, приводящие к сокращению сроков

строительства, а также к снижению затрат на весь жизненный цикл объекта недвижимости за счёт повышения эффективности теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций.

2. Органическая теплоизоляция. Основным составляющим органической теплоизоляции являются натуральные и экологически чистые материалы, к которым относятся переработанная древесина, отходы деревообработки, неавтоклавный пенобетон, торфяные плиты и т.д.

3. Теплоизоляционные материалы. Основными составляющими таких материалов являются материалы неорганического происхождения. К ним относятся пеностекло, некоторые лёгкие бетоны с заполнителем (вермикулит, перлит), а также стеклянная и минеральная вата и др.

В зависимости от типа здания порядка 15 % тепловой энергии теряется через окна и двери. Для снижения тепловых потерь необходимо производить установку качественных стеклопакетов и дверей, которые обеспечат защиту от потерь тепла в холодное время года (рис. 1) [2].

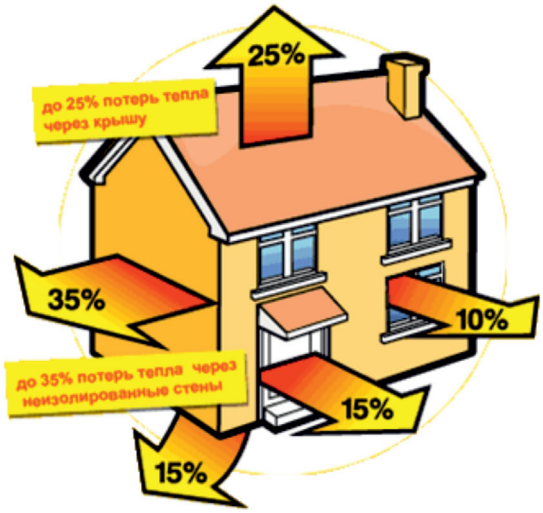


Рис. 1. Основные теплопотери индивидуального жилого дома

Применение 3D технологии в строительстве. Трехмерное моделирование на протяжении последних трёх десятилетий применяется при подготовке проектной и технической документации и разработке дизайн проектов интерьеров, позволяющее визуализировать проектные решения. Развитием данной области является внедрение BIM технологий, внедрение в проектирование которых позволит снизить себестоимость продукции строительного производства и существенно сократить срок ввода объекта.

На сегодняшний день получает широкое распространение непосредственно 3D-материал. Оборудование для 3D печати сделало прорыв в области технологии строительного производства, позволяя объединить в себе преимущества экструзии и метода многоструйного моделирования. Специальные панели являются связующими звеньями между монолитным и каркасно-панельным домостроением, позволили освоить ранее не применяемые технологии. При помощи таких 3D панелей можно изготавливать заводские элементы с использованием пенополистирола, позволяющие возводить строения с практически любой формой (рис. 2).

Рис. 2. Строение, смоделированное при помощи 3D технологий

Их конструкции подобны обычным плитам, однако они заключены в оплетку из двух арматурных сеток, идущих параллельно. В самих панелях они связываются за счет диагональных стержней из нержавеющей или оцинкованной проволоки. Фиксируются стержни под углом, что приводит к созданию пространственной полости между пенополистирольной основой вместе с армирующими сетками. В готовом варианте вся конструкция покрывается бетоном и представляет собой единый монолитный элемент [3].

И одним из ключевых направлений технологических решений в строительстве является улучшение технологий создания строительных конструкций, что приведёт к улучшению характеристик фундаментов, повышению качества скрепления секций панельных зданий и сооружений, повышению качества монтажа электро и санитарно-технического оборудования [4].

В последние годы широкое распространение получили:

– методы укрупнительной сборки конструкций на конвейерных линиях; подъем этажей и перекрытий;

– поворот полностью собранных мачт, башен, технологических аппаратов;

– подращивание каркасов инженерных сооружений и надвижки отдельных частей или целого здания.

Развиваются способы пневмоподъема конструкций, применения при монтаже разных летательных агрегатов и других монтажных средств. Получает всё большее распространение бескрановый монтаж, в основе которого лежит использование домкратных подъемников различной конструкции. Создаются высокомобильные мощные и грузоподъемные стреловые и башенные краны.

Повышается применение современных технических решений, к которым относится радиопрограммное управление кранами, позволяющее повысить скорость и точность проводимых работ. В то же время в кабине крана устанавливают телевизор и радиоприёмное оборудование, передаточное устройство которого направлено на проектные отметки монтируемой конструкции [5].

Описанные технологии позволяют снизить трудоемкость монтажа строительных конструкций, что приводит к сокращению его продолжительности, а также снижению себестоимости.

Инновации в строительстве это не только применение новых строительных материалов. Это и прежде всего современные технологические решения, позволяющие повысить потребительские качества строительной продукции, экологичность и понизить себестоимость [6].

К таким современным технологическим решениям, позволяющим с использованием традиционных материалов добиться заметного увеличения конструктивной прочности здания относится технология возведения дома из вертикально установленного бруса.

Суть этой новинки в технологии домостроения заключается в том, что стена представляет собой щит из небольших брусьев, собранных по принципу пазла, как правило, тонкомера, что позволяет использовать низкокачественное сырьё, которое ранее шло на производство целлюлозы или в отходы. Брус, из которого состоит стена, имеет сложный рисунок поперечного сечения в виде креста, что позволяет собирать стену заданной толщины и формы (рис. 3).

Представленная технология обладает множеством достоинств, к которым можно отнести:

– легкость и точность возведения объекта. Дом собирается по принципу конструктора из элементов, которые были изготовлены на заводе, с минимальным использованием строительной техники, что уменьшает сложность и затраты на возведение;

Рис. 3. Поперечное сечение элемента стены, выполненного по технологии возведения дома из вертикально установленного бруса

– возведённый по данной технологии дом имеет ровные стены и благодаря возможности придавать им различные формы у заказчиков и дизайнеров появляется возможность для реализации своих планов;

– дом обладает повышенной энергоэффективностью за счёт свойств древесины, поэтому дополнительная теплоизоляция и ветрозащита не требуется, а сам дом может выдержать большую снеговую нагрузку за счёт конструктивной прочности;

– благодаря использованию технологии соединения элементов стены паз/гребень и дополнительному креплению нагелем, что позволяет компенсировать коробление, у дома отсутствует усадка стен;

– по окончании возведения дома стены не нуждаются в проведении отделочных работ, сам дом готов к заселению, что избавляет будущих владельцев от дополнительных трат.

У технологии возведения дома из вертикально установленного бруса есть ряд недостатков, не позволяющих получить широкое распространение в строительстве:

– лёгкость возведения домов такого типа возможно достичь лишь при применении высокоточного токарно-фрезерное оборудования для производства бруса;

– для возведения дома придётся нанимать квалифицированную бригаду, обученную возведению подобных конструкций;

– дом состоит из деталей, которые были спроектированы с использованием компьютерного моделирования, и расхождение с проектом может привести к накоплению погрешностей, которые приведут к невозможности соединения элементов между собой.

Выводы

На сегодняшний день можно сказать, в отличие от современных материалов со-

временные технологии развиваются эволюционным путем. Повышаются эксплуатационные качества, первостепенное значение приобретает снижение энергопотребления, как основного фактора уменьшения стоимости объекта. При этом в любом определенном случае преимущество может отдаваться как принципиально новым, так и прежде используемым материалам.

Следует отметить наличие взаимосвязи между развитием технических, технологических, проектных решений и производством строительных материалов для инновационного развития строительной отрасли.

Главной тенденцией формирования современного жилищного строительства стало снижение затрат и себестоимости не только строительства, но всей стоимости жизненного цикла объекта недвижимости. Эти тенденции определяют перспективность современных технологий и материалов.

Необходимо выделить, что большинство строительных материалов является ранее использованным, но получившие новые свойства и эксплуатационные характеристики за счёт инновациям в области обработки и технологий производства. Примером тому может стать развитие 3D технологий в строительстве.

Список литературы

1. Гуринович Л.С., Усов Б.А. Механохимическая обработка строительных материалов: [статья посвящена получению активированных добавок и цементов, повышению качества или получение новых строительных материалов с применением роторно-пульсационных аппаратов] // Экология и строительство. 2015. № 3. С. 22–25.

2. Олейник П.П. Организация планирование и управление в строительстве: учебник. М.: АСВ, 2015. 200 с.

3. Уськов В.В. Инновации в строительстве: организация и управление. Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. 342 с.

4. Мехреньгина А.В., Воробьева Е.А. Инновационные технологии в строительстве // Молодой ученый. 2017. № 2. С. 55–58.

5. Михайлов А.Ю. Организация строительства. Стройгенплан. Вологда: Инфра-Инженерия, 2016. 172 с.

6. Иванова Н.И. Фундаментальная наука системное основание инновационного процесса: интервью с заведующей отделом науки и инноваций, академиком, специалистом в области теории инновационного развития, научной и инновационной политики и экономического прогнозирования Натальей Ивановой / беседовала Ж. Комарова // Наука и инновации. 2018. № 2. С. 8–14.

УДК 696.6:006.354

СТРОИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ И ФОРМИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО СМОГА В ЖИЛЫХ ПОМЕЩЕНИЯХ

Соловьев Л.П.

Муромский институт (филиал) Владимирского государственного университета, Муром, e-mail: oid@mivlgu.ru

В данной статье проведен анализ причин и условий формирования систем электропитания промышленных и социально-жилищных объектов в ходе освоения и развития различных направлений применения электромагнитной энергии. На основе проведенного анализа определено различие структурных принципов обеспечения электробезопасности и условий защищенности людей от воздействия электромагнитных полей, создаваемых электросетями, приборами и устройствами в производственных и социально-жилищных условиях. Отмечена важность надежного заземления для обеспечения электробезопасности и защищенности людей от воздействия электромагнитных полей. Приведены данные о последствиях воздействия электромагнитных полей на живые организмы. Обращено внимание на недостаточную эффективность систем заземления в социально-бытовой сфере, что увеличивает вероятность поражения электрическим током и повышает уровни напряженностей электромагнитных полей, воздействующих на человека. В ходе анализа нормативных документов и результатов экспериментальных исследований отмечено, что в помещениях жилых зданиях, построенных и сданных в эксплуатацию до 2010 г., значения максимально допустимых величин параметров электромагнитных полей, при наличии двухпроводной системы заземления, обеспечить невозможно. В заключение приведены рекомендации по сравнительно простому способу преобразования двухпроводных систем заземления в трехпроводные системы.

Ключевые слова: системы электропитания, двух- и трехпроходная система заземления, электробезопасность, жилые помещения, электросмог, эксперимент

CONSTRUCTION TECHNOLOGIES AND FORMATION OF THE ELECTROMAGNETIC SMOG IN PREMISES

Solovev L.P.

Murom Institute (branch) of the Vladimir State University, Murom, e-mail: oid@mivlgu.ru

In this article the analysis of the reasons and conditions of formation of power supply systems of industrial and social and housing facilities is carried out during development and development of various directions of use of electromagnetic energy. On the basis of the carried-out analysis distinction of the structural principles of ensuring electrical safety and conditions of security of people from influence of the electromagnetic fields created by power supply networks, devices and devices in production and social living conditions is defined. Importance of reliable grounding for ensuring electrical safety and security of people from influence of electromagnetic fields is noted. Data on consequences of impact of electromagnetic fields on live organisms are provided. The attention to insufficient efficiency of systems of grounding in the social sphere that increases probability of defeat by electric current is paid and increases levels of napryazhennost of the electromagnetic fields influencing the person. During the analysis of normative documents and results of pilot studies it is noted that in rooms the residential buildings constructed and put in operation till 2010, values of the most admissible sizes of parameters of electromagnetic fields in the presence of two-wire system of grounding, it is impossible to provide. Recommendations about rather easy way of transformation of two-wire systems of grounding to three-wire systems are provided in the conclusion.

Keywords: power supply systems, two- and system of grounding three-through passage, electrical safety, premises, an electro smog, experiment

В рамках практического применения электромагнитной энергии на начальном этапе (конец XIX – первая половина XX в.) к.п.д. ее использования в ходе преобразования в световую, механическую и другие виды энергии определялся путем оценки количества энергии, переходящей в тепло. Опасности при использовании электромагнитной энергии для человека связывались с возможностью поражения электрическим током.

Именно на этом этапе на основе разницы в функциональном использовании электроэнергии и, соответственно, в обеспечении безопасности её применения сформировалось структурное различие систем электропитания в промышленности и жилищно-социальном секторе в нашей стране. В рамках промышленного сектора основная доля потребляемой электроэнергии направлялась на обеспечение функционирования промышленного оборудования (станки, аппараты, машины и т.п.). Практически, большая часть промышленного оборудования представляла собой металлические конструкции, вследствие чего существовала высокая вероятность замыкания электрических цепей на корпуса оборудования, и, соответственно, высокая вероятность поражения работающих людей электрическим током. При этом с учетом использования больших электрических мощностей, электробезо-

пасность промышленного оборудования обеспечивалась путем создания вокруг промышленных корпусов и цехов контуров заземления, которые и обеспечивали высокий уровень защиты работающих от поражения электрическим током. При этом особенных требований к структуре системы электропитания, не предъявлялось. Использовалась четырехпроводная трехфазная система электропитания, в которой функциональный нулевой провод одновременно являлся защитным нулевым проводом.

Структура системы электропитания в рамках жилищно-социального сектора на первоначальном этапе формировалась в рамках функционального использовании электроэнергии практически только для освещения, электрические цепи которого хорошо изолированы и достаточно безопасны. Электропитание многоквартирных жилых домов также осуществлялось четырехпроводной трехфазной системой электропитания, в которой функциональный нулевой провод одновременно являлся защитным нулевым проводом. Данное электропитание подавалось на подъездные электрощиты, от которых по квартирам осуществлялась разводка однофазной двухпроводной системой, в которой нулевой провод одновременно являлся защитным нулевым проводом. Данная система электропитания впоследствии получила шифр TN-C. Первые бытовые электрические и радиоприборы (электрические утюги, электроплитки, радиоприемники и т.п.) стали массово использоваться в нашей стране начиная с середины XX в. Обеспечение достаточного уровня безопасности их эксплуатации достигалось использованием термостойких диэлектрических материалов для изоляции электрических цепей бытовых приборов (электрические утюги, электроплитки), или же изготовлением корпусов бытовых приборов из изоляционных материалов (радиоприемники и т.п.). Использование однофазной двухпроводной системы исключало возможность заземления металлических корпусов и каркасов бытовых электроприборов и радиоприборов, так как используемые конструкции электрических розеток и электрических вилок не обеспечивали обязательность подключения проводника выполняющего функции функционального нулевого провода и защитного нулевого провода к металлическому корпусу (каркасу) прибора. С равной степенью вероятности, при подсоединении вилки к розетке, на корпусе может оказаться фазное напряжение. Поэтому при использовании системы двухпроводного электропитания, металлические корпуса (каркасы) к проводнику, совмещающему роли функционального и защитного проводников, не подсоединяются. Но, тем не менее вследствие пробоя изоляции между корпусом и фазным проводником на корпусе появляется сетевое напряжение, но короткого замыкания и отключения электропитания автоматическим выключателем не происходит, так как проводник, выполняющий роли функционального нулевого провода и защитного нулевого провода к металлическому корпусу не подсоединен. И возможное одновременное прикосновение человека к металлическому корпусу прибора, находящемуся под напряжением, и к заземленной металлической конструкции (трубы и элементы водоснабжения, трубы и батареи отопления и т.п.), может привести к поражению электрическим током. Следует отметить, что, хотя достаточно редко, но тем не менее такие случаи поражения электрическим током наблюдались в бытовых условиях.

Во второй половине XX в., когда началось все более широкое применение электромагнитной энергии для передачи и обработки информации, возникла проблема опасности электромагнитного облучения для человека. Первоначально эта проблема рассматривалась применительно к использованию мощных РЛС и радиотелепередающих центров. Но постепенно, по мере изучения воздействия электромагнитных полей на биологические объекты, все более осознавались опасности воздействия электромагнитных излучений, возникающих при эксплуатации электрорадиооборудования, электронных средств обработки информации, систем электропитания и связи.

Обеспечение электромагнитной безопасности систем радиолокации, радионавигации и связи принципиально возможно путем использования защиты расстоянием, на котором уровни излучения уменьшаются до безопасных значений.

Наличие надежного заземления и использование экранирования снижает уровни электромагнитных излучений от промышленного оборудования до допустимых значений. Требования к характеристикам контуров заземления определялись Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) [1].

Отсутствие заземления в системах электропитания в абсолютном большинстве жилых и социально-бытовых зданий приводит к тому, что практически вся электрифицированная бытовая техника излучает поля в очень широкой полосе частот, от 50Гц до 2,4 ГГц. Определение причин возникновения и уровней электромагнитных является целью данной работы.

Материалы и методы исследования

Трехпроводные системы электропитания TN-S и TN-C-S стали внедряться в западноевропейских странах начиная с 1960-х гг. В системе TN-S нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на всем протяжении системы от источника электропитания до потребителя. В системе TN-C-S нулевой защитный и нулевой рабочий проводники разделены на последнем этапе подсоединения потребителя, для многоэтажного жилого дома трехпроводная система электропитания начинается от подъездного щитка и закачивается разводкой по всей квартире. При этом были разработаны конструкции электророзеток и электровилок, обеспечивающие требуемое подсоединение электро и радиоприборов

В 1990-х гг. в нашей стране Правилами устройства электроустановок (ПУЭ) было рекомендовано использовать все системы защитного заземления TN-C, TN-S, TN-C-S. Но на практике в основном использовалась, как наиболее освоенная и дешёвая, двухпроводная система TN-C, которая по уровню обеспечения электробезопасности сравнительно немного уступает трехпроводным системам. Тем не менее в Правилах Устройства электроустановок, 7 издания, 2006 г. [1], двухпроводная система защитного заземления TN-C была исключена из числа разрешенных. Это объясняется двумя причинами.

Во-первых, она не обеспечивает абсолютной защиты от поражения электрическим током.

Во-вторых, отсутствие заземления металлических корпусов и каркасов у бытовых электро- и радиоприборов приводит к возникновению высоких уровней электромагнитного излучения в полосе частот от 50Гц до 2,4 ГГц.

Исследование биологического воздействия ЭМП на живые организм осуществляется с середины XX в. При этом в основе исследований лежит эффект поглощение энергии живыми тканями. Интенсивность поглощения определяется степенью взаимодействия живой ткани, а именно ее диэлектрической проницаемостью и электропроводностью. Поскольку ткани живых организмов содержат большое количество воды, то они фактически являются диэлектриками с потерями. Именно потери определяют глубину проникновения ЭМП в живые ткани – чем меньше потери, тем больше поглощение. Глубина проникновения при общем облучении тела определяется длиной волны ЭМП.

На биологическую реакцию воздействуют следующие параметры электромагнитного поля (2, с. 9):

– интенсивность электромагнитного поля;
– частота излучения;
– продолжительность облучения;
– модуляция сигнала;
– сочетание частот электромагнитных полей;
– периодичность действия.

В результате суперпозиции электромагнитных полей от различных источников излучения возможно возникновение стоячих волн, частота которых может совпадать с резонансными частотами клеток и частотами биологических ритмов различных органов и функциональных систем организма. Что может оказать негативное влияние как на функционирование организма, так и на генетическую наследственность.

Влияние на живые организмы низкочастотных электромагнитных полей практически мало изучено. В ходе экспериментальных исследований у животных, при воздействии ЭМП разных частот в диапазоне 1–500 Гц, отмечались нестойкие нарушения функционирования нервной системы и двигательно-пищевых условных рефлексов.

Кроме того, в [3, с. 9] отмечается... «что влияние ЭМП на биологические объекты, включая человека, не может быть выражено одной лишь линейной зависимостью. При этом живые организмы могут проявлять чувствительность к действию ЭМП различных частот, обладающих энергией на десятки порядков ниже теоретически предполагаемого порога». «Кроме того, как показывают многочисленные экспериментальные исследования, многократно повторяющиеся воздействия слабых электромагнитных полей, обладают кумулятивным биологическим эффектом, т.е. способны суммироваться».

Кроме облучения ЭМП в условиях производства, в транспорте и т.д., существует достаточно интенсивное и очень специфическое облучение ЭМП в условиях жилых помещений [4]. Специфичность облучения ЭМП в жилых помещениях определяется двумя основными факторами – это, во-первых, наличие электрорадиоприборов и установок, работающих в диапазоне частот от 50 Гц до 2–3 ГГц, во-вторых, отсутствие заземления в системах электропитания практически во всех жилых домах в нашей стране.

Перечень электрооборудования в жилых помещениях, излучающих ЭМП с частотой 50 Гц, включает в себя: все элементы электропроводки и освещения; утюги; электромясорубки; миксеры; фены; электробритвы; пылесосы; электроплиты; теплые полы и т. д.

К оборудованию, излучающему ЭМП высоких и сверхвысоких частот, относятся: телевизоры (50–300 КГц), компьютеры (50 КГц – 1ГГц), мобильные телефоны (800 МГц – 1,5 ГГц) и СВЧ-печи (2,45 ГГц).

Результаты экспериментальных исследований

Система электропитания	Без заземления				С заземлением			
Параметры	E, В/м		H, нТл		E, В/м		H, нТл	
Расстояние до объекта	10 См	1 М	10 См	1 М	10 См	1 М	10 См	1 М
СВЧ-печь	> 200*	125	>2000**	1950	75	60	>2000**	1800
Холодильник «Ока»	> 200*	185	20	20	45	35	20	20
Холодильник «Атлант»	> 200*	185	20	20	50	40	20	20
Компьютер	> 200*	165	20	20	32	26	20	20

Примечание. *значение превышает верхний предел измерения 200 В/м; ** значение превышает верхний предел измерения 2000 нТл.

Существующая система санитарно-эпидемиологического нормирования ЭМП в Российской Федерации [5, 6] имеет существенные недостатки. Так, например, отсутствуют требования, регламентирующие воздействие магнитной составляющей ЭМП во всем рассматриваемом частотном диапазоне (0–300 ГГц) для условий жилищно-социальных помещений, прежде всего магнитного поля промышленной частоты 50 Гц. В требованиях к производственным помещениям допустимые уровни магнитной составляющей ЭМП в зависимости от длительности воздействия в течение рабочего дня находятся в пределах 10–30 мкТл. Тогда как установленный американскими и шведскими ученые безопасный для здоровья человека предел интенсивности магнитной составляющей электромагнитных полей составляет 0,2 мкТл.

Для бытовых приборов, по данным [4, с. 19–22], уровни интенсивности магнитной составляющей электромагнитных полей на частоте 50 Гц, на расстояниях 0,5–1 м, находятся в следующих пределах: холодильник – 0,049 мкТл; домовая электропроводка – 0,02–0,04 мкТл; электрический чайник – 0,097 мкТл; электроплита – 0,27 мкТл (на расстоянии 20–30 см от передней панели); СВЧ-печь – 1–2 мкТл; пылесос – 2–3 мкТл и т.п. Напряженность электрического составляющей электромагнитного поля колебалась в пределах 6–50 В/м.

Результаты исследования и их обсуждение

Для уточнения уровней электромагнитного излучения в жилых помещения, при отсутствии заземления, автором были проведены измерения параметров составляющих электромагнитного излучения от бытовых приборов и оборудования в трехкомнатной квартире пятиэтажного жилого дома, построенного в 1970-х гг. С целью обеспечения контрольных замеров параметров ЭМП исследуемого оборудования в квартиру от этажного электрощита был проведен заземляющий провод. Измерения проводились измерителями электрического и магнитного поля ИЭП-05, ИМП-05 в диапазоне частот 5–2000 Гц.

Из сравнения показателей видно, что заземление любого прибора приводит к резкому снижению уровней напряженностей электромагнитных полей. Небольшое превышение предельного уровня 25 В/м, очевидно, объясняется наличием достаточно высокого уровня электромагнитного фона в помещении, так как особенностью структуры электромагнитного излучения в жилых помещениях является наличие как минимум 3–5 одновременно работающих источников излучения в различных диапазонах частот.

Выводы

На основе проведенного выше анализа можно сделать следующие выводы:

1. Необходимо добиться 100% применения во вновь строящихся и сдаваемых в эксплуатацию жилых домах трехпроводной системы электропитания TN-S или TN-C-S, обеспечивающих надежное заземление всех электро- и радиоприборов в жилых помещениях.

2. Выполнение требования [1] о необходимости внедрения трехпроводной системы электропитания TN-S или TN-C-S в ранее построенных жилых домах в ходе их реконструкции может быть отодвинуто на неопределенные сроки. В данном плане можно предложить следующее:

– протянуть от подъездного щитка в квартиру нулевой защитный провод;

– соединить его с проводом контура заземления, проложенного за половым плинтусом;

– установить электророзетки с заземляющими контактами, соединив их с контуром заземления проводом по стене;

– в ходе последующей реконструкции (декоративного ремонта помещения), провод, соединяющий земляной контакт электророзетки с контуром заземления, можно убрать за стеновую панель (за обои).

3. Необходима дальнейшая модернизация существующей системы санитарно-эпидемиологического нормирования ЭМП в Российской Федерации с учетом лучшего мирового опыта.

Список литературы

1. Правила устройства электроустановок. ПУЭ. Издание седьмое. Утверждены приказом Минэнерго России. 08.07.2002 № 204 [Электронный ресурс]. URL: https://www.elec.ru/library/direction/pue.html (дата обращения: 10.11.2018).

2. Корепанова А.С. Электромагнитное излучение, его воздействие на человека // Международный студенческий научный вестник. 2017. № 6 [Электронный ресурс]. URL: http://eduherald.ru/ru/issue/view?id=177 (дата обращения: 10.11.2018).

3. Гичев Ю.П., Гичев Ю.Ю. Влияние электромагнитных полей на здоровье человека: Аналитический обзор/СО РАН. ГПНТБ. Новосибирск, 1999. (Сер. Экология. Вып. 52). 90 с. [Электронный ресурс]. URL: http://eduherald.ru/ru/issue/view?id=177 (дата обращения: 10.11.2018).

4. Гошин М.Е., Банин И.М. Оценка суммарной реальной нагрузки электромагнитных полей промышленной частоты 50 Гц от различных источников, в местах наиболее длительного пребывания человека // Безопасность здоровья человека. 2017. № 2. С. 12–26.

5. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах» [Электронный ресурс]. URL: http://metrolog-spb.ru/wp-content/uploads/sanpin_2.2.4.3359-16.pdf (дата обращения: 10.11.2018).

6. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.1.2.2645-10 «Санитарно-эпидемиологические требования к условиям проживания в жилых зданиях и помещениях» [Электронный ресурс]. URL: http://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293820/4293820246.htm (дата обращения: 10.11.2018).

УДК 004.3

МАЖОРИТИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ USART В МАЖОРИТАРНО-РЕЗЕРВИРОВАННЫХ СИСТЕМАХ

[1]Сыцевич Н.Ф., [1]Кулиев Р.С., [2]Крахмалев Д.В., [1]Жабоев Ж.Ж.

[1]ФГБОУ ВО «Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х.М. Бербекова», Нальчик, e-mail: akylman_07@mail.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Финансовый университет при Правительстве РФ», Москва, e-mail: dkrakhmalev@fa.ru

В настоящее время в автоматизированных системах управления технологическими процессами (АСУ ТП) широкое применение нашли мажоритарно-резервированные системы управления. При этом номенклатура функциональных модулей резервируемых комплектов постоянно увеличивается. В этой связи возникает одна из задач, суть которой сводится к мажоритированию сигналов USART-устройств синхронно-ассинхронных приемо-передатчиков функциональных модулей различных комплектов (УСАПП). В работе рассматриваются системы управления с тройным мажоритарным резервированием, работающие в режимах 1002, 1003, 2002, 2003. Целью проводимого исследования является повышение эффективностии мажоритарно-резервированных систем управления, в состав которых входят функциональные модули USART (УСАПП). Решена задача синхронизации работы мажоритарно-резервированных функциональных модулей устройств синхронно-ассинхронных приемо-передатчиков различных комплектов, входящих в состав мажоритирно-резервированного комплекса системы управления и работающих в асинхронном режиме приема-передачи данных в режиме прерываний. Результаты работы могут быть использованы в автоматизированных системах управления технологическими процессами с мажоритарным резервированием аппаратной части с наработкой на отказ, входящих в состав системы управления комплексов порядка 100000 ч.

Ключевые слова: резервированные системы, мажоритарный элемент, USART, запрос на прерывание

MAJORIZATION OF USART SIGNALS IN MAJORITY-RESERVED SYSTEMS

[1]Sytsevich N.F., [1]Kuliev R.S., [2]Krakhmalev D.V., [1]Zhaboev Zh.Zh.

[1]Kabardino-Balkarian State University of Kh.M. Berbekov, Nalchik, e-mail: akylman_07@mail.ru;

[2]Financial University under the Government of the Russian Federation, Moscow, e-mail: dkrakhmalev@fa.ru

Currently, the majority-redundant control systems are widely used in Automated Process Control Systems (APCS). In this case, the nomenclature of the functional modules of the reserved sets is constantly increasing. In this regard, one of the problems arises, the essence of which is reduced to the majorization of USART signals – the devices of synchronous-ansynchronous transceivers of functional modules of different sets. This paper considers a control system with triple redundant majority working in modes 1002, 1003, 2002, 2003. The aim of the research is to improve the efficiency of majority-redundant control systems, which include USART. Solved the problem of synchronization of majority-redundant functional modules USART different sets included in majority -redundant complex system of management and working in the asynchronous mode of transmitting and receiving data in interrupt mode. The results can be used in the APCS with the majority of hardware redundancy with MTBF included in the control system of complexes of the order of 100,000 hours.

Keywords: redundant systems, majority element, USART, Interrupt request

В работах [1–3] рассматривается возможность повышения живучести резервированных систем управления, в том числе мажоритарно-резервированных. В работе [1] синтезирована схема управляемого мажоритарного элемента, позволяющая снизить вероятность отказа узлов с мажоритарным резервированием в соответствии с расчетами, приведенными в работах [4, 5].

Однако не рассмотрены вопросы связанные с синхронизацией работы функциональных блоков различных комплектов, таких как УСАПП.

В ходе проведенного исследования рассмотрен вопрос мажоритирования сигналов различных комплектов в случае, когда в их состав входят УСАПП – устройства синхронно-асинхронных приемо-передатчиков (USART) и разработана функциональная схема обработки сигналов УСАПП.

Целью проводимого исследования является повышение эффективности мажоритарно-резервированных систем с тройным резервированием, в состав которых входят резервированные функциональные модули с устройствами синхронно-асинхронных приемо-передатчиков (УСАПП). Для достижения поставленной цели решается задача мажоритирования сигналов УСАПП от функциональных модулей различных комплектов. Цель достигается за счет разработки функциональной схемы УСАПП различных комплектов мажоритарно-резервированной системы.

Разработка схемы обработки сигналов УСАПП

На рис. 1 изображена схема системы комплексирования комплектов ПУ и КП, где А, Б, В – это резервированные комплек-

ты ПУ или КП; МСИ-А, МСИ-Б, МСИ-В – это магистрали системных интерфейсов комплектов А, Б, В соответственно [1].

В качестве исходных данных для схем резервирования введены следующие обозначения:

1) С – сигнал своего комплекта;
2) Л – сигнал левого комплекта;
3) П – сигнал правого комплекта;
4) ПУ – пункт управления;
5) КП – контролируемые пункты.

При этом для комплектов А, Б, В в качестве своего, левого и правого будут комплекты:

1) для комплекта А: свой – А, левый – В, правый – Б;
2) для комплекта Б: свой – Б, левый – А, правый – В;
3) для комплекта В: свой – В, левый – Б, правый – А.

Обмен сигналами между функциональными частями резервированных комплектов, сигналы которых подлежат мажоритированию, осуществляется как правило по проводным межкомплектным связям, показанным на рис. 1. Мажоритарные связи могут присутствовать между любыми функциональными частями резервированных комплектов, в том числе между задатчиками, функциональными модулями, в том числе УСАПП, подключенными к магистрали резервированного интерфейса комплекта.

В работе [1] синтезирована функциональная схема управляемого мажоритарного элемента, а также представлена структурная схема резервируемого комплекта, изображенная на рис. 2.

На рис. 2 приняты следующие обозначения:

1) МИ – магистраль интерфейса резервируемого комплекта;
2) З – задатчик магистрали интерфейса МИ, включающий в себя как правило процессор, схему системы комплексирования резервированных комплектов и управления межкомплектными связями, мажоритарные элементы, схемы формирования сигналов магистрали интерфейса;
3) И, П, И/П – функциональные модули источники, приемники и комбинированные модули – источники/приемники данных по отношению к магистрали интерфейса резервированного комплекта.

В работах [6, 7] подробно рассмотрены вопросы синхронизации работы мажоритарных элементов резервированных комплектов систем управления, работающих в реальном масштабе времени.

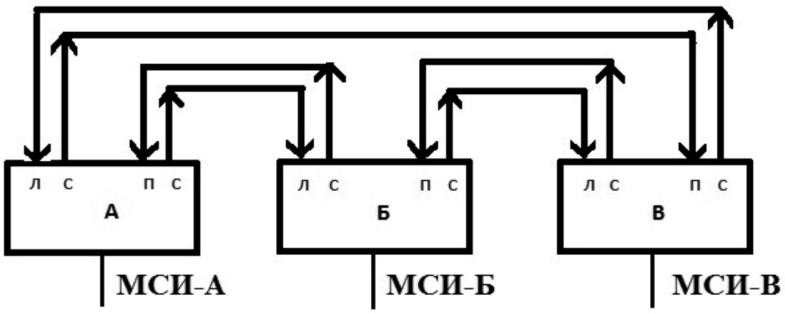


Рис. 1. Структурная схема системы комплексирования комплектов ПУ и КП

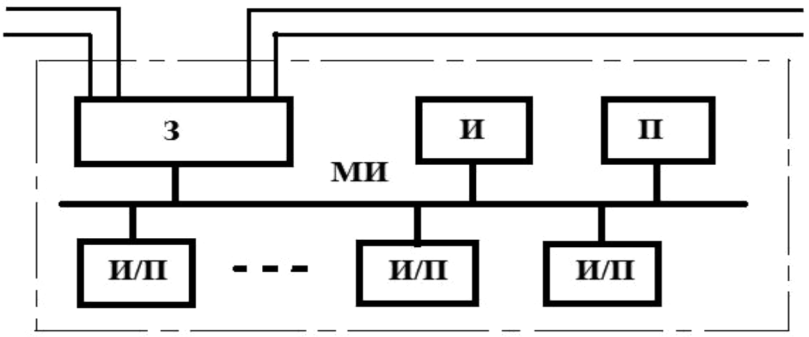


Рис. 2. Структурная схема комплекта

В ходе проведенного исследования решена задача синхронизации работы функциональных модулей УСАПП, различных комплектов, в асинхронном режиме работы при мажоритировании их сигналов в мажоритарно-резервированной системе управления, работающей в реальном масштабе времени.

В качестве примера может быть рассмотрена схема мажоритирования сигналов с выходов функциональных модулей УСАПП, работающих в асинхронном режиме, при этом в качестве примера выбран формат приемо-передатчиков S,8,R (старт, восемь бит данных, один стоповый бит).

Особенностями асинхронного режима является то, что байты в потоке данных УСАПП передаются асинхронно, а биты внутри каждого байта – синхронно. Это, в совокупности с асинхронными системными интерфейсами, работающими в режиме обработки прерываний, может приводить в большинстве случаев к рассогласованию работы резервированных комплектов и накладывает определенные ограничения на время приема, передачи и обработки данных как на передающей, так и на приемной сторонах, что накладывает дополнительные требования к синхронности в работе функциональных модулей УСАПП, расположенных в разных комплектах мажоритарно резервированных комплексов.

При этом в качестве основного режима работы УСАПП выбираем режим прерываний, как наиболее приемлемый для систем управления работающих в реальном масштабе времени.

Сигналы прерывания (INTR-i) от функциональных модулей различных комплектов также предполагается обрабатывать с помощью мажоритарных элементов.

На рис. 3 представлены временные диаграммы работы УСАПП, в частности формирование сигналов запросов на прерывание INTR-А, INTR-Б, INTR-В, поступающих с выходов УСАПП в различных комплектах при их мажоритировании. Для упрощения временных диаграмм рассмотрен временной интервал приема-передачи только стоповых бит, так как сигнал запроса на прерывание формируется именно в этом временном интервале.

Из рис. 3 видно, что при обычном мажоритировании сигналов в режиме резервирования 2003(два из трех), поступающих с выходов УСАПП, мажоритарный сигнал запроса на прерывание INTR-М формируется раньше чем сигнал запроса на прерывание INTR-Б комплекта Б, что приводит к рассинхронизации в работе комплектов, в том числе при обработке сигналов контроля работы мажоритарных элементов.

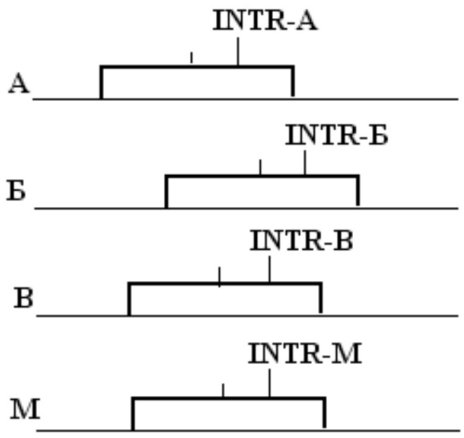


Рис. 3. Временные диаграммы работы УСАПП в мажоритарно-резервированной системе управления

Наряду с проблемами обработки сигналов УСАПП в резервированном режиме (2003 – два из трех), самые большие проблемы в обработке возникают при работе резервированных комплектов в дублированных режимах (два из двух). Это вызвано проблемой принятия решения при голосовании двух комплектов в дублированном режиме. Для устранения этих недостатков необходимо синхронизировать работу УСАПП различных комплектов при их рассинхронизации в допустимых пределах.

Как правило, при обработке сигналов функциональными модулями УСАПП, наибольшее распространение нашел «метод укороченного контакта» [7].

С учетом того, что функциональные модули УСАПП предлагается использовать в различных режимах резервирования, таких как повторительный или нерезервированный, дублированный, мажоритарный или резервированный, позволяет ввести допустимый разброс временных параметров сигналов УСАПП различных комплектов в пределах половины длительности времени передачи одного бита.

В результате проведенного исследования предложена схема функциональных модулей УСАПП, представленная на рис. 4, работающих в асинхронном режиме в режиме прерываний.

На рис. 4. приняты следующие дополнительные обозначения:

1) Тз – временная задержка при передаче данных с выхода УСАПП на вход мажоритарного элемента;

2) МЭ – мажоритарные элементы сигналов с выходов УСАПП, задержанных на время Тз, равное половине длительности времени передачи одного бита;

3) INTR-И, INTR-П – сигналы запросов на прерывание источников и приемников различных комплектов;

4) МЭ-А, МЭ-Б, МЭ-В – резервированные сигналы УСАПП с выходов мажоритарных элементов системы;

5) МИ – магистрали интерфейсов МИ-А, МИ-Б, МИ-В соответствующих резервированных комплектов А, Б, В;

6) И – источники данных по отношению к магистралям резервированных интерфейсов МИ-А, МИ-Б, МИ-В;

7) П – приемники данных по отношению к магистралям резервированных интерфейсов МИ-А, МИ-Б, МИ-В.

Работа функциональных модулей УСАПП в асинхронном режиме по прерываниям, по отношению к магистральным интерфейсам МИ-А, МИ-Б, МИ-В различных комплектов, ничем не отличается от работы в нерезервированных системах как в режиме приема, так и в режиме передачи данных.

Особенностью схемы (рис. 4) является то, что дополнительно вводятся временные задержки сигналов на выходах передатчиков данных, а также – функциональные модули И-приемников УСАПП (источников данных по отношению к магистрали резервированного интерфейса комплекта), предназначенные для фиксации моментов окончания передачи очередного байта с выхода мажоритарной схемы.

Обработка сигналов INTR-М (результат мажоритирования сигналов INTR-И различных комплектов) совместно с сигналами INTR-П в каждом из резервированных комплектов А, Б, В позволит:

1) синхронно и корректно обрабатывать запросы на прерывание в различных комплектах мажоритарно резервированных систем, в том числе в дублированных режимах 2002 (два из двух);

2) синхронизировать работу функциональных модулей УСАПП различных резервированных комплектов при передаче массивов данных большой длины при работе в асинхронном режиме и режиме прерываний;

3) исключить ложные ошибки, связанные с рассинхронизацией в работе функциональных модулей УСАПП различных комплектов и обработке сигналов КМЭ – контроля работы мажоритарных элементов.

Временные диаграммы формирования сигналов запросов на прерывание в схеме рис. 4. представлены на рис. 5. Для упрощения временных диаграмм на рис. 5, так же как на рис. 3, рассмотрен временной интервал приема-передачи только стоповых бит, так как сигнал запроса на прерывание формируется именно в этом временном интервале.

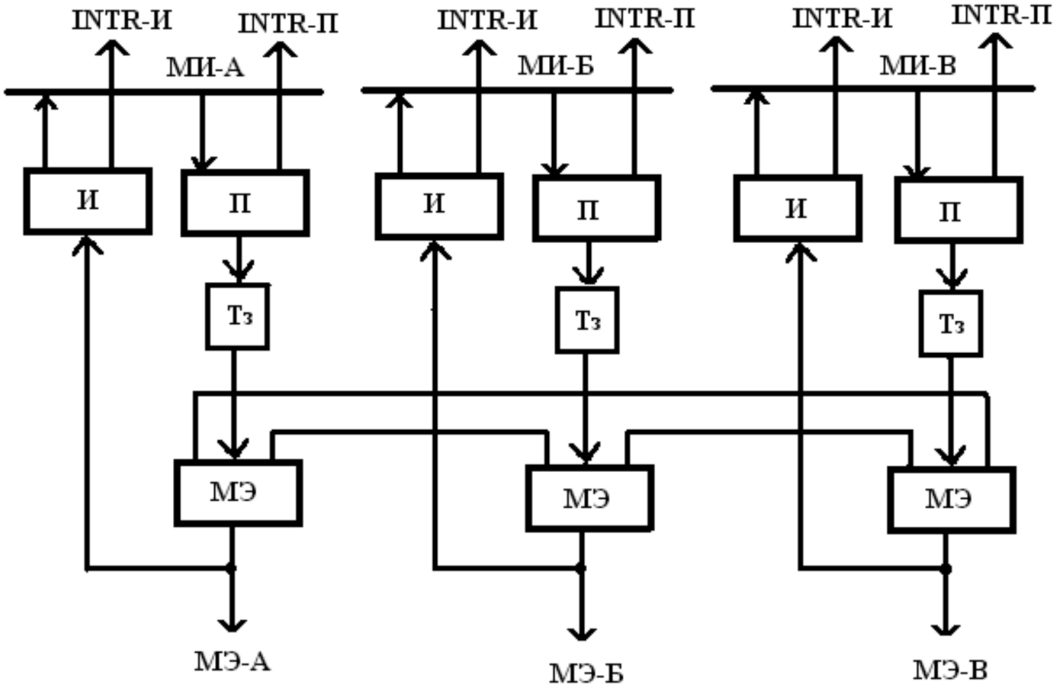


Рис. 4. Функциональная схема модуля передачи УСАПП

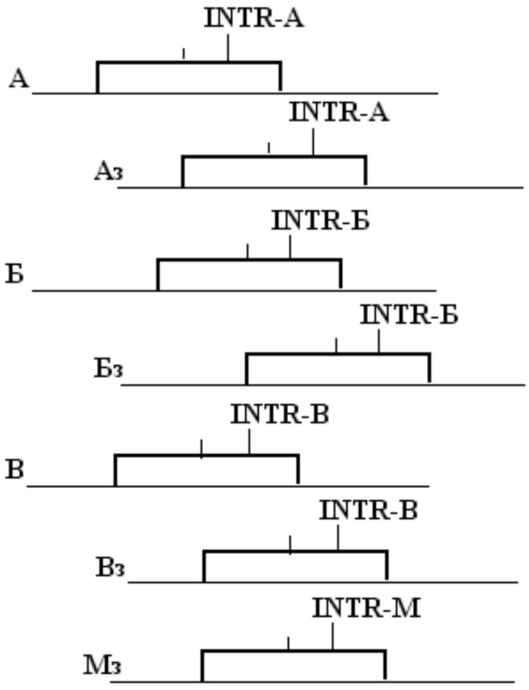


Рис. 5. Временные диаграммы формирования сигналов запросов на прерывание

На временных диаграммах (рис. 5) Аз, Бз, Вз, Мз показаны сигналы различных комплектов с выходов функциональных модулей УСАПП с учетом временных задержек, введенных на схеме рис. 4. Введение временных задержек в схемы функциональных модулей УСАПП различных комплектов позволяет синхронизировать их работу в составе мажоритарно резервированных систем. Это позволит применять функциональные модули УСАПП в мажоритарно-резервированных системах в режимах повторительном (1002, 1003), дублированном (2002), мажоритарном (2003).

Выводы

В результате проведенного исследования предложена схема функциональных модулей УСАПП, позволяющая организовать повторительный, дублированный, резервированный режимы работы УСАПП, работающих в реальном масштабе времени в асинхронном режиме в режиме прерываний, подключенных к магистральным интерфейсам резервированных комплектов, работающих в составе мажоритарно-резервированных систем управления.

Предложенная схема обработки сигналов УСАПП может быть использована при обработке сигналов функциональных модулей УСАПП не только в режиме передачи, но и в режиме приема данных в режиме прерываний.

Список литературы

1. Ксенофонтов А.С., Сыцевич Н.Ф., Кулиев Р.С., Сыцевич С.Н. Повышение живучести мажоритарно-резервированных систем управления // Известия КБНЦ РАН. 2015. Т. II. № 6 (68). С. 100–104.

2. Диденко К.И. Проектирование агрегатных комплексов технических средств для АСУТП. М.: Энергоатомиздат, 1984. 168 с.

3. Анищенко В.А., Мысло Е.Л., Иванова А.Н. Надежность дублированных технических систем с устройствами встроенного контроля // Энергетика. 2013. № 5. С. 5–10.

4. Викторова В.С., Степанянц А.С. Модели и методы расчета надежности технических систем. М.: ЛЕНАНД, 2014. 256 с.

5. Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д. Математические методы в теории надежности, изд.2-е, испр. и доп. М.: Книжный дом «Либроком», 2012. 582 с.

6. Сыцевич Н.Ф., Кулиев Р.С., Москаленко Л.А., Молов М.З. Синхронизация работы мажоритарных элементов резервированных комплектов систем управления // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 8 (2). С. 261–264.

7. Сухман С.М., Бернов А.В., Шевкопляс Б.В. Синхронизация в телекоммуникационных системах. Анализ инженерных решений. М., 2003. 272 с.

УДК 629.7.058.6

МЕТОД УМЕНЬШЕНИЯ РИСКОВ ПРОЕКТОВ ПО РАЗРАБОТКЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ЭЛЕКТРОННЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ РУКОВОДСТВ ДЛЯ ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА АВИАЦИОННОЙ ТЕХНИКИ

Фролова Е.А., Семенова Е.Г.

ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет аэрокосмического приборостроения», Санкт-Петербург, e-mail: frolovaelena@mail.ru

Управление рисками разработки интерактивных электронных технических руководств для эксплуатации и ремонта авиационной техники есть процесс итеративной оценки указанных рисков и определения обоснованных планов мероприятий по их эффективному снижению. Предлагаемый метод уменьшения рисков проектов по разработке интерактивных электронных технических руководств для эксплуатации и ремонта авиационной техники в своей логической основе представляет собой, с точки зрения теории аналитического планирования, сходящуюся последовательность итераций прямого и обратного планирования. Позволяет за конечное число итераций прямого и обратного планирования определить такой вариант плана снижения рисков проекта по разработке интерактивных электронных технических руководств или комбинацию мероприятий, которые позволяют в минимальные сроки, с учетом ресурсных и технических ограничений снизить риски, выявленные при оценке на начальных этапах предлагаемого метода. При этом план мероприятий по снижению указанных рисков представляет собой совокупность системно-технологических схем синтеза, программных и информационных моделей, технических приемов, используемых в процессе создания интерактивных электронных технических руководств, которая позволяет так изменить ход разработки этих программно-информационных изделий, что становится возможным значительно уменьшить риски проекта их реализации, избежать ранее выявленных аномалий.

Ключевые слова: интерактивные электронные технические руководства, оценка рисков, снижение риска, аналитическое планирование

METHOD FOR REDUCING THE RISKS OF PROJECTS FOR THE DEVELOPMENT OF INTERACTIVE ELECTRONIC TECHNICAL MANUALS FOR OPERATION AND REPAIR OF AIRCRAFT

Frolova E.A., Semenova E.G.

Saint-Petersburg State University of Aerospace Instrumentation, Saint-Petersburg, e-mail: frolovaelena@mail.ru

Risk management of the development of interactive electronic technical manuals for the operation and repair of aircraft is the process of iteratively assessing these risks and determining plans for their effective reduction. The proposed method of reducing the risk of projects for developing interactive electronic technical manuals for the operation and repair of aircraft in its logical basis represents, from the point of view of the theory of analytical planning, a converging sequence of iterations of direct and reverse planning. Allows for the final number of iterations of direct and reverse planning to determine this version of a risk reduction plan for a project to develop interactive electronic technical manuals or a combination of activities that allow reducing the risks identified during the initial stages of the proposed method in the shortest time possible taking into account resource and technical constraints. At the same time, the plan of measures to reduce these risks is a combination of system-technological synthesis schemes, software and information models, techniques used in the process of creating interactive electronic technical manuals, which allows changing the course of development of these software and information products so that it becomes possible to reduce project risks of their implementation, to avoid previously identified anomalies.

Keywords: interactive electronic technical manuals, risk assessment, risk reduction, analytical planning

Классический подход определения риска [1–3] трудно применим в сфере разработки и создания таких программно-информационных продуктов, как интерактивные электронные технические руководства (ИЭТР) для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Причина этого состоит в проблематичности численной оценки возможного ущерба от потенциально низкого качества ИЭТР. Традиционно управление рисками проектов по созданию ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники осуществляется на качественном уровне и сводится к двум последовательным процедурам: оценки риска и реагирования на риск. Логико-информационная модель оценки риска при этом сводится к построению так называемой матрицы оценки риска (матрицы влияния риска).

Цель исследования: реализация процесса оценки и уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники для получения заключения об их уровне рисков, обоснованного плана их минимизации.

Материалы и методы исследования

Теоретической основой предлагаемого метода является математико-алгоритмический аппарат современного риск-менеджмента в софтверной индустрии [4–5].

Последовательность основных этапов оценки и выработки плана противодействия рискам может быть представлена таким образом:

1. Уяснение и формализация задачи управления рисками.
2. Уточнение критериев оценки.
3. Уточнение шкал оценки.
4. Проведение оценки уровня рисков и тенденций их изменения.
5. Анализ результатов оценки, планирование уменьшения рисков.

Приведенная последовательность основных этапов оценки и выработки плана противодействия рискам реализации проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники не позволяет детально показать детальную логику проведения процедур управления рисками в связке с соответствующими процедурами оценки рисков и методическим аппаратом аналитического планирования. Этот факт определил необходимость разработки подробного алгоритма, описывающего метод уменьшения рисков для проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

Результаты исследования и их обсуждение

Обобщенный алгоритм уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники представлен на рис. 1. На нем показано соответствие основных этапов оценки и выработки плана противодействия рискам проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники разработанного метода по основным блокам алгоритма. При этом предполагается, что блоки, обозначенные процедурами, предполагают возможность дальнейшей алгоритмической детализации, но на данном этапе графического представления метода такая детализация представляется излишней.

Представленный на рис. 1 алгоритм метода наглядно дает представление о сложности реализации управления рисками проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники в реальных условиях. Высокая сложность ведет к необоснованному повышению объема трудозатрат при реализации разработанного метода, что снижает её практическую применимость специалистами квалиметрической области. Повышение практической применимости предлагаемого метода предопределяет необходимость автоматизации. Отсутствие единой и неизменной сети показателей рисков не позволяет осуществить полную и сквозную автоматизацию всех этапов метода.

Однако возможна ее частичная автоматизация за счет покомпонентной программной реализации наиболее трудоемких процедур в рамках соответствующего программного комплекса управления рисками.

Таким образом, обоснованная разработка программных средств автоматизации предлагаемого метода позволяет, несмотря на сложность логико-математического аппарата управления рисками, снизить трудозатраты при реальном его использовании, обеспечить его практическую применимость.

Под планом мероприятий по ослаблению рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники следует понимать совокупность:

– системно-технологических схем применения технологических приемов разработки;

– программных расчетных и визуализационных моделей;

– приемов, используемых в процессе создания интерактивных электронных руководств указанной тематики.

Указанная совокупность позволяет изменить ход исполнения проекта при значительном уменьшении рисков его реализации.

В идеальном случае план снижения рисков должен быть линейным, т.е. состоять из цепочки последовательно или где-то параллельно выполняемых действий (стадий, этапов). Каждое действие зависит от исхода предыдущего, но не зависит от результатов последующих действий. Если после получения результатов на одной из стадий приходится возвращаться к одной из предыдущих стадий плана, он становится цикличным. Линейность планов снижения рисков – первое определяющее свойство таких планов. Это приводит к необходимости объективизации самого процесса планирования. Объективизация процесса планирования – второе определяющее свойство эффективного решения задачи снижения рисков, обеспечивающее возможность охвата всего многообразия проблем, выходящих за пределы знаний и опыта одного специалиста-планировщика. Объективизация на практике, как правило, достигается за счет использования более широкого числа компетентных источников информации, баз данных и знаний, расширения круга привлекаемых экспертов, путем «нивелирования очевидной экспертной субъективности». Третьим определяющим свойством организации планирования снижения рисков является возможность целенаправленного формирования мероприятий, т.е. формирования без экстенсивного перебора всего множества возможных альтернатив. Соответственно, четвертое определяющее свойство организации планирования снижения рисков выражается как установление взаимного соответствия между формальной и неформальной сторонами процесса планирования мероприятий в рамках проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники.

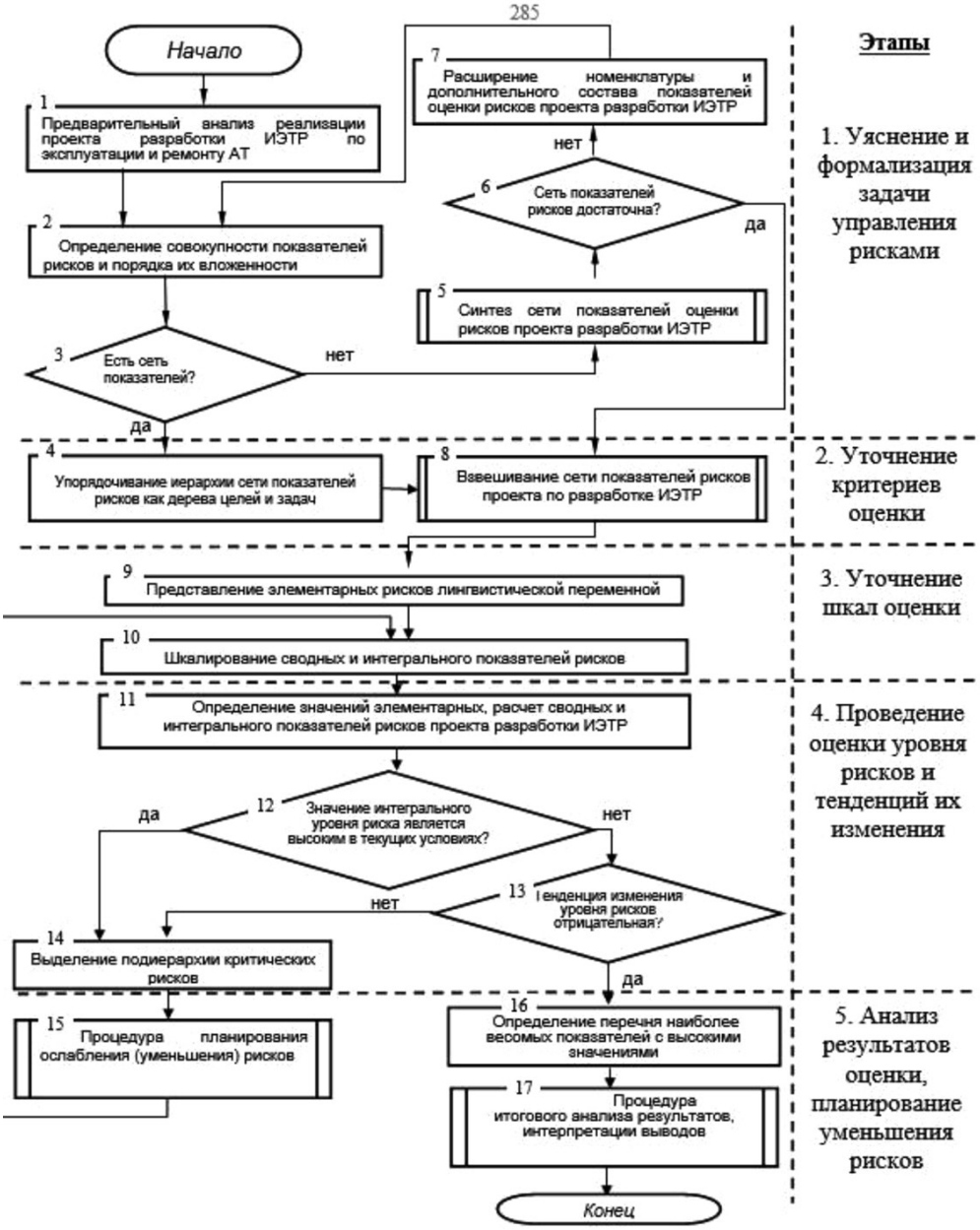


Рис. 1. Алгоритм управления рисками проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники

Наиболее полно перечисленные определяющие свойства выполняются в рамках методов аналитического планирования [6–7]. При этом в аналитическом планировании выделяют три основных методологии: формального, инкрементального и системного планирования.

Проведенный сравнительный анализ методологий аналитического планирования позволил установить:

– методы формального планирования не применимы для решения задач уменьшения рисков, так они не обеспечивают идентификацию и формализацию всех факторов, влияющих на процесс проектирования, разработки и создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники;

– методы инкрементального планирования малоприменимы для решения вышеуказанных задач, так как получаемые на их базе математические модели не обеспечивают реальной сходимости процесса автоматизированного решения задач планирования к конечным результатам;

– системное планирование соответствует особенностям процесса планирования мероприятий по снижению рисков разработки и создания ИЭТР в рамках соответствующего технологического процесса. При этом системное планирование разделяется на стратегическое и поэтапное. Именно методический аппарат системного стратегического планирования принят в данной работе в качестве основы для разработки процедур текущего плана снижения риска.

Если на множестве альтернативных вариантов плана $\{S_j\}$ следует определить оптимальный план – S^W, по интегральному показателю риска R то, такая постановка оптимизационной задачи может быть формализована так:

$$R_{S_{J_i}} = f\left(\overline{b}_{S_{J_i}}, \overline{d}_{S_{J_i}}, \overline{r}_{S_{J_i}}\right), \quad (1)$$

где b_S – глобальный вес влияния воплощения в жизнь плана S_j на значения риска в вершинах сети показателей риска (графа критических рисков, на основе которого определяется S_j);

d_S – оценка возможностей реализаторов воплотить в жизнь текущий план S_j в заданном составе;

r_S – оценка ресурсоемкости (временных и человеческих затрат, цены потерь и пр.) выполнения плана S_j.

Цель оптимизации состоит в нахождении

$$R^* = \min\left(R_{S_O}\left(\overline{b}_{S_{J_i}}, \overline{d}_{S_{J_i}}, \overline{r}_{S_{J_i}}\right)\right), \quad (2)$$

таким образом, R^* есть минимальное значение $R_S(d, b, r)$, получаемое на множестве альтернативных вариантов плана $\{S_j\}$. Форма аналитического представления (1) и численные ограничения на отдельные параметры определяются условиями соответствующего конкретизированного случая планирования. Устойчиво выделяются три базовых варианта оптимизации:

1) при ограниченных возможностях (необходимость соответствующей квалификации, отработанность слаженности действий, исполнительность и пр.) реализаторов плана

$$\left(\overline{b}_{S_{J_i}}, \overline{d}_{S_{J_i}}\right)_{S\in\{S_j\}} \Rightarrow \max, \quad (3)$$

$$\overline{r}_{S_{J_i}} \in r^{\Sigma}, \quad (4)$$

где r^{Σ} – предельное множество оценок возможностей реализаторов соответствующего плана;

2) при ограниченных ресурсах (силы и средства, время, материальные запасы и пр.) для реализации плана

$$\left(\overline{b}_{S_{J_i}}, \overline{r}_{S_{J_i}}\right)_{S\in\{S_j\}} \Rightarrow \max, \quad (5)$$

$$\overline{d}_{S_{J_i}} \in D, \quad (6)$$

где D – предельное значение возможных объемов ресурсных выделений на реализацию того или иного плана снижения рисков.

3) при ограниченных ресурсах для реализации плана и ограниченных возможностях реализаторов

$$\left(\overline{b}_{S_{J_i}}\right)_{S\in\{S_j\}} \Rightarrow \max, \quad (7)$$

$$\overline{r}_{S_{J_i}} \in r^{\Sigma}, \quad (8)$$

$$\overline{d}_{S_{J_i}} \in D. \quad (9)$$

Вариант 3) в наибольшей степени соответствует реалиям современного состояния базовых технологий разработки ИЭТР: любой план минимизации рисков характеризуется своей стоимостью и временем реализации, а возможности (способности) специалистов-реализаторов, традиционно решающих задачи совершенствования качества, могут быть ограничены. Так как число возможных вариантов плана S_j, образующих множество $\{S_j\}$, невелико, то величина $R_S(d, b, r)$ на основании оценок экспертов выявляется для каждого из них. На основании сравнения полученных значений определяется оптимальный вариант плана, для которых $R_S(d, b, r)$ достигает минимума R^*. Такая концептуально описанная оптимизация проводится при системном планировании мероприятий по снижению рисков проектов создания ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

В предлагаемом методе предусмотрено совместное применение двух направлений планирования в соответствии с [6]: прямого и обратного. Процедура планирования мероприятий по уменьшению (ослаблению) рисков в своей логической основе представляет последовательность итераций прямого и обратного планирования, как показано на рис. 2.

Значения оценок рисков по соответствующим показателям отражают критичность того или иного риска для реализации проекта ИЭТР. Следовательно: показатели риска, по которым значения стали критически высокими, являются показателями, определяющими рост рисков для ИЭТР в целом. Такие показатели выявляются по итогам оценки рисков на начальных этапах разработанного метода и служат логической базой для прямого планирования мероприятий по снижению рисков. Прямое планирование совокупности мероприятий снижения рисков осуществляется путем применения логико-математического аппарата аналитического планирования [6].

Рис. 2. Логическая структура планирования мероприятий по уменьшению рисков разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиатехники

Выработка текущего плана снижения риска осуществляется только по показателям r_i, имеющим критически высокие значения, которые составляют только подмножество всего семейства показателей R, следовательно – нет необходимости проводить анализ вариантов плана мероприятий $\{S_j\}$ на базе всей сети показателей. Соответственно, на сети показателей G^+ определяется иерархический граф критически высоких рисков G^-, включающий в себя множество показателей $\{\overline{r}_i\}$, имеющих по результатам оценивания рисков высокие значения, и множество $\{\overline{u}_i\}$ связей между ними (с характеризующими значениями весовых коэффициентов w).

Таким образом, иерархический граф G^- задается как граф критически высоких рисков – подграф сети G^+ показателей оценки рисков проектов разработки ИЭТР:

$$G^- = \langle \overline{q}, \overline{u} \rangle. \qquad (10)$$

Анализ вариантов плана мероприятий по снижению рисков и выбор наилучшего из них – S^W на базе графа критически высоких рисков G^- позволяет снизить вычислительную сложность этой частной задачи в сравнении с аналогичной процедурой на базе всей сети G^+ показателей рисков проектов разработки ИЭТР по эксплуатации и ремонту авиационной техники.

Определение графа G^- позволяет реализовать далее его гомеоморфное преобразование с целью избавления от вырожденных декомпозиций сводных показателей рисков. Это позволяет произвести повторное взвешивание дуг графа критически высоких рисков G^-, получаемых в результате этого преобразования:

$$w_{j_i j_m} = \prod_{s=1}^{m-1} w_{j_S} w_{j_{S+1}}, \qquad (11)$$

где $w_{j_i j_m}$ – локальный вес показателя риска q_{j_i} в показателе q_{j_m} для графа гомеоморфного к G^-;

$w_{j_S}, w_{j_{S+1}}$ – локальные веса, соответствующие индексам показателей, стоящих в вершинах графа критически высоких рисков G^-;

i, m – уровни иерархии сети показателей рисков G^+, между которыми определен гомеоморфный граф критически высоких рисков G^-.

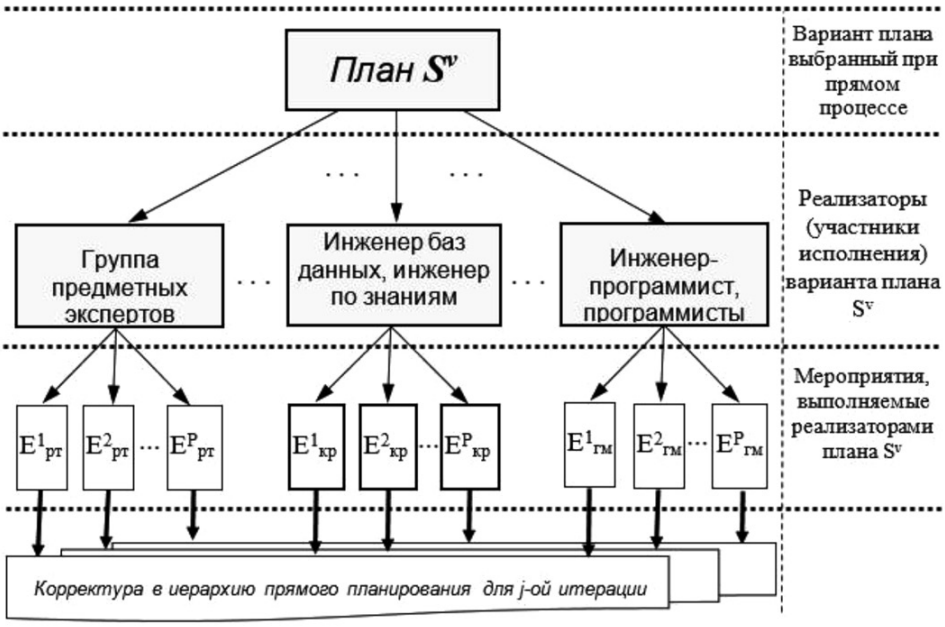


Рис. 3. Представление процесса обратного планирования варианта S^W мероприятий по снижению рисков проектов по разработке ИЭТР

Далее, определенный вариант плана S^W или композиция не противоречащих мероприятий по снижению (ослаблению) рисков проверяется на предмет реализуемости при текущих возможностях и имеющихся ресурсах текущего проекта по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники. Эта проверка проводится в рамках обратного планирования. Так, для проведения обратного планирования формируется граф обратного планирования A^-, структура которого, в виде частного примера, показана на рис. 3.

Множество основных мероприятий по снижению рисков, которые могут осуществляться $\{E^P\}$ реализаторами плана S^V, включает в себя множество мероприятий, направленных на снижение рисков по каждому из элементарных показателей риска $\{E^K_q\}$, внесенных при прямом планировании в граф критически высоких рисков G^-, то есть

$$\left\{E^K_q\right\} \subseteq \left\{E^P\right\}. \qquad (12)$$

Таким образом, за конечное число итераций прямого и обратного планирования становится возможным определить вариант плана по снижению рисков проекта по разработке ИЭТР S^V или комбинацию мероприятий (планов), которые позволяют в минимальные сроки, с учетом ресурсных и возможностных ограничений снизить (ослабить) указанные риски, констатированные на начальных этапах предлагаемого метода.

Выводы

Метод уменьшения рисков проектов по разработке ИЭТР для эксплуатации и ремонта авиационной техники является неотъемлемой частью методологического аппарата управления указанными рисками и позволяет за конечное число итераций оценки и планирования соответствующих мероприятий добиться снижения рисков при создании интерактивных электронных технических руководств рассматриваемого класса и категорий использования.

Список литературы

1. ГОСТ Р 51 901.3–2007. Менеджмент риска. Руководство по менеджменту риска. М.: Стандартинформ, 2007. 104 с.

2. ГОСТ Р 51 901.1–2002. Управление надежностью. Анализ риска технологических систем. М.: Стандартинформ, 2003. 38 с.

3. ГОСТ Р 56275–2014. Менеджмент рисков. Руководство по надлежащей практике менеджмента рисков проектов. М.: Стандартинформ, 2015. 23 с.

4. ДеМарко, Т. Deadline. Роман об управлении проектами. М.: Изд-во «Манн – Иванов – Фербер», 2016. 352с.

5. Дюваль П.М., Стивен Матиас, Эндрю Гловер Непрерывная интеграция. Улучшение качества программного обеспечения и снижение риска. СПб.: Символ, 2016. 240 с.

6. Саати Т. Принятие решений при зависимостях и обратных связях. Аналитические сети. М.: URSS, 2018. 357 с.

7. Мандера А.Г. Процесс аналитической иерархии AHP в условиях интервальной стохастической неопределенности оценок // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2014. № 3. С. 34–39.

УДК 69.059.1

ОЦЕНКА СТРОИТЕЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ЗДАНИЙ ИСТОРИЧЕСКОЙ ЗАСТРОЙКИ ГОРОДА ЕССЕНТУКИ

Цой Т.М., Сидякин П.А., Алехина И.С., Сенченко И.С.

ВГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Пятигорск, e-mail: sidyakin_74@mail.ru

Исторический облик городов формируется на протяжении длительного времени. Привлекательность исторических городов заключается в сохранении исторической застройки. В ходе натурных обследований и исследований архивных материалов в отношении памятников архитектуры и градостроительства регионального значения было установлено, что степень износа зданий имеет прямую зависимость от того, эксплуатируется ли здание по его функциональному назначению или нет. Год постройки здания не оказывает существенного влияния на процент износа строительных конструкций зданий. На территории города-курорта Ессентуки Кавказских Минеральных Вод в настоящее время насчитывается более ста памятников истории, культуры, градостроительства, архитектуры. Ряд памятников, охраняемых государством в г. Ессентуки, эксплуатируются по функциональному назначению. В качестве наглядного примера в работе приведены данные о двух объектах, расположенных в городе-курорте Ессентуки, имеющих общие признаки. По результатам проведённых исследований авторами сделан вывод, что процент износа строительных конструкций зданий прежде всего зависит от того, эксплуатируется ли здание по его функциональному назначению или нет, и не имеет прямой зависимости от года постройки здания. На основании результатов исследований предложены рекомендации по сохранению памятников и разработан комплекс мероприятий, направленных на уменьшение скорости износа зданий.

Ключевые слова: историческая архитектурная застройка, памятник архитектуры и градостроительства, износ зданий, сохранение и реконструкция (реставрация)

ASSESSMENT OF THE CONSTRUCTION AND TECHNICAL CONDITION OF BUILDINGS OF THE HISTORICAL BUILDING OF G. ESSENTUKI

Tsoy T.M., Sidyakin P.A., Alekhina I.S., Senchenko I.S.

North Caucasus Federal University, Pyatigorsk, e-mail: sidyakin_74@mail.ru

The historical appearance of cities is formed over a long period of time. The attractiveness of historical cities is to preserve historical development. In the course of actual surveys and research of archival materials concerning monuments of architecture and town planning of regional significance, it was established that the degree of depreciation of buildings is directly dependent on whether the building is operated for its functional purpose or not. The year of construction of the building does not significantly affect the percentage of wear and tear on building structures. On the territory of the resort town of Essentuki of the Caucasian Mineral Waters, at present, there are more than a hundred historical, cultural, urban planning and architecture monuments. A number of monuments protected by the state in the city of Essentuki are operated according to their functional purpose. As an demonstrative example, the work presents data on two objects located in the resort town of Essentuki with common features. According to the results of the conducted studies, the authors concluded that the percentage of wear and tear on building structures primarily depends on whether the building is operated for its functional purpose or not and does not directly depend on the year of construction of the building. On the basis of the research results offered recommendations on the preservation of monuments and developed a set of measures aimed at reducing the level of wear of buildings.

Keywords: historical architectural development, architectural and urban development monument, wear of buildings, preservation and restoration

Исторический облик городов формируется на протяжении длительного времени. «Историческая архитектурная застройка, несущая на себе наслоения культурных пластов разных эпох, определяет индивидуальность мест и облик городов, играет определяющую роль в преемственности культур разных эпох» [1, 2]. Привлекательность исторических городов заключается в сохранении исторической застройки.

Исторические здания формируют облик городов и визуально-эстетический каркас культурного наследия народов [3].

В соответствии с Конституцией РФ: «каждый обязан заботиться о сохранении исторического и культурного наследия, беречь памятники истории и культуры» [4].

На территории города-курорта Ессентуки насчитывается более ста памятников истории, культуры, градостроительства, архитектуры, внесенных в Государственный список памятников. Зданиям и сооружениям, представляющим наибольшую ценность, присвоен статус памятников федерального значения. Это – Минеральный источник 1823 г., Первая в России гидроэлектростанция 1903 г., Галерея над источником № 17, Грязелечебница им Н.А. Семашко (главное здание, скульптура Эскулапа, скульптура Цеферы, скульптура льва), Комплекс верхних минеральных ванн [5].

Ряд памятников, охраняемых государством в городе Ессентуки, эксплуатируются по функциональному назначению.

Целью данной работы является выявление факторов, влияющих на строительно-техническое состояние зданий исторической застройки в городе-курорте, с разработкой предложений, направленных на их сохранение.

Материалы и методы исследования

Здания, построенные при основании города, медленно ветшают и разрушаются, что приводит к потере облика города, к его обезличиванию. Сохранение памятников архитектуры и градостроительства актуально и важно для развития духовной и материальной сфер общества, а также для сохранения «лица» города.

В городе Ессентуки располагаются:

– два памятника истории федерального значения;

– три памятника архитектуры федерального значения;

– двадцать шесть памятников истории регионального значения;

– пять памятников искусства регионального значения;

– сто десять памятников архитектуры и градостроительства, из них двадцать шесть сооружений и восемьдесят четыре здания.

Выполненное обследование состояний восьмидесяти четырех зданий, памятников архитектуры и градостроительства регионального значения в г. Ессентуки показало, что они претерпели существенные изменения и износ строительных конструкций вследствие:

– залегания под зданиями специфических структурно-неустойчивых грунтов;

– нахождение города в зоне с повышенной сейсмичностью;

– особенностей природно-климатических условий;

– техногенных нагрузок со стороны вновь возводимых зданий;

– антропогенных воздействий, связанных с колебательными движениями, вызванными движением автомобильного и железнодорожного транспорта.

Детальное рассмотрение влияния различных факторов природного и техногенного характера на строительно-техническое состояние зданий и сооружений городов-курортов Кавказских Минеральных Вод, в том числе и г. Ессентуки, приведено в работах [6–8].

В ходе исследования установлено, что здания, которым присвоен статус памятников архитектуры и градостроительства регионального значения, в г. Ессентуки были построены в период с 1890 по 1917 г.

Здания, отнесенные к памятникам, расположены преимущественно в центральной части города на улицах: Анджиевского, Интернациональная, Володарского, Кисловодская, Ленина, Баталинская, Семашко, Советская.

Материалы, использованные для возведения зданий, и принятые для большинства из них архитектурные решения являются схожими. Исключением является казачья хата на пересечении улиц Кольцевой и Первомайской.

Здания, которым присвоен статус памятников архитектуры и градостроительства регионального значения города Ессентуки, на основании проведенных обследований авторами предложено классифицировать:

1. По степени износа:

– находящиеся в удовлетворительном состоянии (здание эксплуатируется по целевому назначению);

– находящиеся в неудовлетворительном (нерабочем) состоянии (здание не эксплуатируется).

2. По степени антропогенного воздействия на здание:

– подвергшиеся реставрации с сохранением исторического облика объекта (среди исследованных зданий к ним отнесены менее 10%);

– реконструированные здания без сохранения исторического облика (среди обследованных объектов – это Отель «Версаль», О.В. Николаевой, ул. Советская 4);

– здания, которые не реконструировались (большинство из исследуемых объектов).

3. Полностью уничтоженные (снесенные) здания – выделены в отдельную категорию. Среди исследованных памятников к этой категории отнесены два здания – Дом К.Г. Скляровой (первая на курорте консультация врачей), ул. Кисловодская 13, Дача П.К. Токарева и М.А. Войновой, ул. Советская 7–9). Здания безвозвратно уничтожены.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе натурных обследований и исследований архивных материалов в отношении памятников архитектуры и градостроительства регионального значения было установлено, что степень износа зданий имеет прямую зависимость от того, эксплуатируется ли здание по его функциональному назначению или нет. Год постройки здания не оказывает существенного влияния на процент износа строительных конструкций зданий.

В качестве наглядного примера в работе приведены данные о двух объектах из восьмидесяти четырех исследованных, которые имеют общие признаки, такие как месторасположение, конструктивные элементы, но различающиеся по степени износа и по степени антропогенного воздействия на здания.

Это здания:

– дом М.И. Шеховцова, ул. Советская, 18;

– дом А.Е. Щербакова, ул. Советская, 20.

Здания расположены в центральной части города-курорта Ессентуки на одной улице – Советской (рисунок) на расстоянии 45 м друг от друга.

Основные характеристики параметров исследованных зданий приведены в таблице. на основании данных, определенных:

– при инвентаризации объектов в бюро технической инвентаризации;

– в ходе натурного исследования объектов проведенного авторами.

Из данных, указанных в таблице, видно, что исследованные здания имеют ряд схожих конструктивных решений. Однако при обследовании были установлены четко прослеживающиеся черты различия в конструктивных элементах зданий, а именно:

– покрытие крыши;

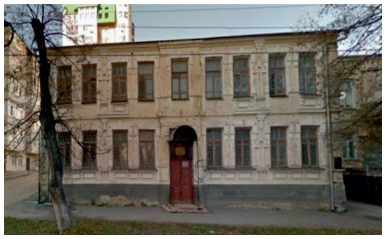
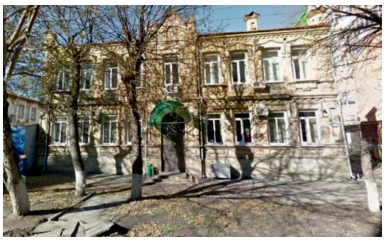
– заполнение оконных проемов.

Месторасположение зданий

Сравнительные данные о зданиях

Объекты / Характеристика объекта	Дом М.И. Шеховцова, ул. Советская, 18	Дом А.Е. Щербакова, ул. Советская, 20
1	2	3
Назначение здания	нежилое	нежилое
Инвентарный номер	4524	4525
Год завершения строительства	1910	1902
Площадь	297,2	272,1
высота	7,78	7,40
Количество этажей	2	2
фундамент	Бутовый (выпучивание цоколя)	Каменный (осадка) –
Стены наружные	Кирпичные (выветривание швов)	Кирпичные с расшивкой швов (трещины)
Стены (перегородки)	Перегородки (трещины в сопряжениях)	Кирпичные (трещины)
перекрытия	Деревянные (диагональные трещины)	Деревянные (деформации)
крыша	Шифер (раскол некоторых листов)	Железо (коррозия)
полы	Линолеум, плитка (стертость в ходовых местах)	Линолеум (потертости)
Проемы оконные	Деревянные двойные створные (переплеты рассохлись)	ПВХ (исправные)
Проемы дверные	Филенчатые (щели в притворах)	Филенчатые (рассохлись)
Внутренняя отделка	Штукатурка (трещины)	Штукатурка с побелкой (трещины)

Окончание таблицы

1	2	3
отопление	Центральное (повреждения)	Центральное
водопровод	Центральный (повреждения)	Центральный
канализация	Центральная (повреждения)	Центральная
электроосвещение	Скрытая проводка (повреждения изоляции)	Скрытая проводка (повреждения изоляции)
Прочие конструктивные элементы	Ступени, крыльцо (трещины и сколотые места	Отмостка (трещины)
Антропогенное воздействие на здание	Не эксплуатируется по функциональному назначению	Эксплуатируется по функциональному назначению
Дата последней инвентаризации зданий	13.11.2010 г.	21.12.2013 г.
Процент износа на дату инвентаризации	37%	50%
Общий процент износа	74%	52%
Фото 1. Общий вид главного фасада		
Фото 2. Выявленные дефекты		

В ходе исследования архивных материалов выявлено, что последняя инвентаризация зданий, в ходе которой был определен процент их износа, производилась в 2010 и 2013 гг. Процент износа здания дом М.И. Шеховцова, ул. Советская, 18 был на 13% ниже, чем у здания дома А.Е. Щербакова, ул. Советская, 20.

При проведении натурного исследования зданий дома М.И. Шеховцова, ул. Советская, 18, и дома А.Е. Щербакова, ул. Советская, 20, в 2017 г. определено, что процент износа здания дома М.И. Шеховцова, ул. Советская, 18, значительно увеличился и стал на 22% больше, чем у здания дома А.Е. Щербакова, ул. Советская, 20.

Основной причиной, послужившей резкому увеличению процента износа здания дома М.И. Шеховцова, ул. Советская, 18, послужило длительное отсутствие эксплуатации здания по его функциональному назначению, без проведения консервации, что привело к быстрому разрушению основных конструкций здания (фундамент, стены).

Заключение

Таким образом, авторами сделан вывод, что процент износа строительных конструкций зданий прежде всего зависит от того, эксплуатируется ли здание по его функциональному назначению или нет, и не имеет прямой зависимости от года постройки здания.

По результатам проведенных исследований зданий-памятников архитектуры и градостроительства регионального значения в г. Ессентуки предложены рекомендации по сохранению памятников и разработан комплекс мероприятий, направленных на уменьшение скорости износа зданий, представляющих собой:

– Полное инструментальное исследование объектов с составлением дефектных ведомостей, в которых необходимо отражать поэлементные дефекты в конструктивных элементах зданий.

– Оценка степени износа строительных конструкций здания.

– Определение степени возможного воздействия на конструктивные элементы здания в ходе реконструкции.

– Разработка проектной документации по реконструкции зданий

– Осуществление авторского надзора со стороны главного инженера проекта.

При проведении мероприятий, направленных на сохранение исторического облика города, необходимо проведение расчетов по возможному использованию современных строительных технологий и материалов, увеличивающих износостойкость, теплопроводность, сейсмоустойчивость зданий. что приведет к положительной динамике в вопросе сохранения и поддержания в работоспособном состоянии зданий – памятников архитектуры и градостроительства, сохранит уникальный исторический образ г. Ессентуки.

Список литературы

1. Иконников А.В. Искусство, среда, время: эстетическая организация городской среды. М.: Советский художник, 1985. 336 с.

2. Скопина М.В. Феномен «места» и «не-места» в постиндустриальном городе // Вестник МГСУ. 2013. № 1. С. 66–71.

3. Панкратов А.А., Соловьев А.К. Проблемы сохранения и использования исторической застройки в современной архитектуре города // Вестник МГСУ. 2015. № 7. С. 7–16.

4. Конституция Российской Федерации // Консультант плюс: Справочная правовая система. Версия проф., сетевая. Электрон. дан. М.: АО Консультант плюс, 2005 [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_28399 (дата обращения: 22.11.2018).

5. Памятники истории, культуры, архитектуры и градостроительства [Электронный ресурс]. URL: http://adm-essentuki.ru/turizm/pasport_goroda/12_pamyatniki_istorii_kultury_arhitektury_i_gradostroitelstva (дата обращения: 22.11.2018).

6. Шебзухова Т.А., Сидякин П.А., Щитов Д.В., Вартумян А.А. Экологическая безопасность инженерной инфраструктуры городов и рекреационных территорий Северного Кавказа. Пятигорск: ПФ СКФУ, 2017. Т. 1.

7. Пшеничкина В.А., Экба С.И., Сидякин П.А., Щитов Д.В. Оценка сейсмостойкости жилищного фонда Ставропольского края // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. № 4 (103). С. 452–456.

8. Сидякин П.А., Мкртичан А.А., Щитова Т.В., Лега Е.Н., Маргушев М.Р., Музаев М.А. Влияние различных факторов на безопасность зданий и сооружений городов Кавказских Минеральных Вод // Международное научное издание Современные фундаментальные и прикладные исследования. 2017. № 4–1 (27). С. 158–161.

УДК 66.045

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АППАРАТУРНОГО ОФОРМЛЕНИЯ БЛОКА КОНДЕНСАЦИИ ПАРОВ БЕНЗИНОВОЙ ФРАКЦИИ КОЛОННЫ К-2

Шибитова Н.В., Раздолгина М.С., Красников А.Н.

ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет», Волгоград, e-mail: natanik@vstu.ru

В статье приведен анализ основных работ и исследований по перспективным направлениям энергомассовой и габаритных характеристик аппаратов воздушного охлаждения (АВО). Эти аппараты практически полностью заменили малоэффективные теплообменники погружного типа, которые использовались для конденсации и охлаждения паровых потоков продуктов разделения нефти в ректификационных установках нефтеперерабатывающих заводов. Замена обусловлена большим расходом оборотной воды, что приводит к образованию сточных вод, требующих очистки перед сбросом в водоемы. Однако, несмотря на достаточный опыт эксплуатации АВО, уровень энергоемкости этого оборудования в нашей стране в 3–4 раза выше по сравнению с передовыми зарубежными фирмами. Такое состояние объясняется низким техническим уровнем производства АВО, а также завышением мощности устанавливаемых вентиляторов. В нашей стране созданы мощные научные центры, в которых разработаны экспериментальные стенды и методики проведения исследований, позволяющие не только сравнить различные конструкции теплообменных секций, но и компоновку труб в тепловых секциях, а также работу вентиляторов в зависимости от их расположения. Все эти технические решения повышают эффективность АВО до приемлемого уровня. На основании анализа конструктивных особенностей АВО рекомендована технологическая схема системы конденсации и охлаждения паровых потоков колонны К-2 установки ЭЛОУ-АВТ. На основании проведенного моделирования по программе PRO-II выполнен технологический и тепловой расчеты установки, по результатам которых выбран аппарат воздушного охлаждения.

Ключевые слова: колонна, бензиновая фракция, теплообменник погружного типа, аппарат воздушного охлаждения, интенсификация

IMPROVEMENT OF HARDWARE DESIGN OF THE BLOCK CONDENSATION OF VAPOURS OF PETROL FRACTION OF THE COLUMN К-2

Shibitova N.V., Razdolgina M.S., Krasnikov A.N.

Federal State Budget Educational Establishment of Higher Education State «Volgograd State Technical University», Volgograd, e-mail: natanik@vstu.ru

The article presents an analysis of the main work and research in promising areas of energy mass and dimensional characteristics of air cooling devices (ACD). These devices have almost completely replaced the inefficient submersible heat exchangers, which were used for condensation and cooling of steam flows of oil separation products in the distillation plants of oil refineries. Replacement is due to the high consumption of recycled water, which leads to the formation of wastewater that requires treatment before discharge into water bodies. However, despite the sufficient experience in the operation of ACD, the level of energy intensity of this equipment in our country is 3-4 times higher compared to advanced foreign firms. This condition is due to the low technical level of production of ACD, as well as an overestimation of the installed fans. In our country, powerful research centers have been created, in which experimental stands and research methods have been developed, which allow not only to compare different designs of heat exchange sections, but also the layout of pipes in thermal sections, as well as the operation of fans depending on their location. All these technical solutions increase the efficiency of the ACD to an acceptable level. Based on the analysis of the design features of the ACD, the technological scheme of the condensation and cooling system of the steam flows of the K-2 column of the ELOU-AVT installation is recommended. On the basis of the simulation program PRO-II performed technological and thermal calculations of the installation, the results of which selected air cooling unit.

Keywords: column, petrol fraction, submersible heat exchanger, air cooling devices, intensification

В настоящее время на предприятиях нефтехимического комплекса, несмотря на очевидные недостатки, связанные с возрастающим дефицитом и экологическими проблемами, возникающими при сбросе сточных вод в водоемы, достаточно широко в качестве хладагента используется пресная вода. Кроме высокой цены охлаждающего агента, необходимы также затраты на насосное оборудование и водоподготовку [1]. Для охлаждения и конденсации паров, например, бензиновой фракции на установках первичной переработки нефти ЭЛОУ-АВТ, до сих пор применяются малоэффективные теплообменники погружного типа. Альтернативой устаревшей технологии использования оборотной воды для конденсации и охлаждения паровых потоков является применение аппаратов воздушного охлаждения, использование которых позволяет значительно снизить расход оборотной воды на производственные нужды и, следовательно, снизить количество сточных вод.

В России основными отечественными производителями аппаратов воздушного охлаждения являются: ООО «Грибанов-

ский машиностроительный завод», ОАО Борисоглебский завод «Борхиммаш», АО «Уралтехнострой – Туймазыхиммаш», Бугульминский механический завод, НПО «Серпуховский механический завод». Выпускаемые этими предприятиями теплообменники воздушного охлаждения изготавливаются в соответствии с ГОСТ Р 51364-99 (ИСО 6758-80) [2] и широко используются в газовой, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности.

Несмотря на большое количество разработанных конструкций [3], эти аппараты постоянно совершенствуются. Проводимая в последние годы в России реконструкция и модернизация нефтеперерабатывающих заводов позволяет устанавливать на существующих установках более эффективное теплообменное оборудование [4], что приводит к энерго- и ресурсосбережению.

Цель исследования: замена на установке ЭЛОУ-АВТ теплообменников погружного типа на аппараты воздушного охлаждения.

Материалы и методы исследования

Для решения поставленной цели был проведен обзор и анализ научной, научно-технической и патентной литературы по изучению вопросов энерго- и ресурсосбережения при применении АВО для конденсации и охлаждения технологических потоков на установках первичной переработки нефти. Проведено моделирование процесса конденсации и охлаждения паров бензиновой фракции с помощью программы PRO-II и выбран аппарат воздушного охлаждения.

Результаты исследования и их обсуждение

Энергетическая эффективность аппаратов воздушного охлаждения определяется эффективностью работы отдельных составных частей установки – тепловых секций, осевых вентиляторов, которые в свою очередь зависят от конструкций узлов, их взаимного расположения, обеспечивающих теплообмен между охлаждающим агентом и продуктом.

В статье [5] приведены результаты исследований теплообменной секции АВО, изготовленной из биметаллических труб с навитыми спиральными алюминиевыми ребрами, завальцованными в стенку трубы, что значительно усиливает надежный контакт, позволяющий поднимать температуру стенки до 350 °С. В результате проведенных исследований установлено, что по тепловой эффективности наилучшими являются трубы с завальцованными ребрами, расположенными в шахматном шестирядном пучке с равносторонней компоновкой. Было установлено также, что коэффициент тепловой эффективности непрерывно увеличивается с ростом коэффициента оребрения трубы, а по расходу алюминия на оребрение менее металлоемким является пучок труб с KLM-ребрами (ребро с отогнутой площадкой) [6].

Проф. В.Б. Кунтыш с соавторами из Белорусского государственного технологического университета при участии представителей ЗАО «Октябрьскхиммаш» разработали рекомендации для практически реализуемых способов интенсификации теплообмена [7], что является залогом успешного развития производства теплообменной аппаратуры. Рекомендации разработаны на основании исследований конструкций биметаллических ребристых труб (БРТ), обеспечивающих интенсивную теплопередачу в широком диапазоне температур, с высокой эксплуатационной надежностью при минимальных энергозатратах.

В ряде работ [8, 9] проведены экспериментальные исследования по тепловой эффективности АВО нефтеперерабатывающих производств, имеющих различную компоновку трубных пучков теплообменных секций. Для оценки энергетической эффективности использовался принцип «при прочих равных» на основе теплоаэродинамических характеристик, т.е. по значениям коэффициентов эффективности, на основе полученных обобщенных соотношений для шахматного пучка двух компоновок, шахматно-диффузорной и шахматно-конфузорной с оребренными трубами. Получено, что шахматно-диффузорная компоновка показала повышенную эффективность во всех диапазонах числа рядов труб в пучке. Для проведения исследований разработан стенд, позволяющий анализировать работу различных компоновок трубного пучка, результаты могут быть использованы для проектирования АВО.

Большое внимание уделяется очистке внутренних и особенно наружных поверхностей теплообменных труб, загрязнение которых образуется как при эксплуатации АВО в результате обдувания потоком воздуха от вентилятора, содержащего частицы пыли, цветочную пыльцу и др., так и при изготовлении труб, когда используется смазка (СОЖ). Внутренняя поверхность труб загрязняется отложениями от горячих продуктов. Известно, что ручной способ очистки является очень трудоемким процессом при плохом качестве и возможных повреждениях оребрения труб. В работе [10] проведено исследование по очистке поверхности труб. Авторы разработали специальный очистительный аппарат, устанавливаемый внизу под трубами, позволяющий проводить чистку автоматически, под давлением пара, подаваемого через форсунки. Кроме этого аппарат может выполнять функции увлаж-

нения воздуха. В патенте [11] приведена одна из конструкций форсунки.

Проведенные в Уфимском государственном нефтяном техническом университете научные исследования выявили, что одной из причин снижающей энергоэффективность АВО являются загрязнения, образующиеся на наружной поверхности оребренных труб как на стадии изготовления АВО вследствие использования СОЖ при накатке, так и от пыли в процессе эксплуатации. Был предложен эффективный способ очистки поверхности оребренных труб АВО [12], заключающийся в применении механизированной очистки труб непосредственно в процессе накатки труб и который состоит из следующих операций: очистка, промывка моющим раствором и осушка. Разработано несколько вариантов моющих машин и методика подбора длины алюминиевых труб для накатки под размер стальной трубы. Для обеспечения надежной работы АВО использована автоматизированная система регулирования теплоотдачи за счет рециркуляции нагретого воздуха.

Группой ученых в статье [13] опубликованы результаты сравнительных исследований интенсивности теплосъема с оребренной поверхности теплообмена АВО только при подаче воздушного потока без увлажнения и при воздушно-водоиспарительном охлаждении. Анализ полученных результатов свидетельствует, что теплосъем при воздушно-водоиспарительном охлаждении в 1,6–3,5 раза выше, чем при воздушном охлаждении. Были получены критериальные зависимости, которые с погрешностью 10% описывают воздушно-водоиспарительное охлаждение.

По опытным данным почти в 60% случаев на производстве устанавливают электродвигатели на АВО с завышенной мощностью, что приводит к перерасходу электроэнергии, следовательно, к снижению энергоэффективности. С целью регулирования охлаждающего эффекта при работе АВО проводились исследования [14] по подбору количества одновременно работающих вентиляторов, а также их расположению относительно пучка труб, что обеспечивает более равномерный поток воздуха, позволяющий интенсифицировать теплообмен. На основании экспериментальных исследований установлена зависимость относительного расположения радиатора и вентилятора, который должен быть установлен ниже радиатора. В работе рассмотрено несколько вариантов расположения вентиляторов, полученные результаты могут быть полезны при проектировании АВО.

Описана конструкция устройства для конденсации и охлаждения теплоносителя в условиях жаркого климата [15], представляющая замкнутый контур с форсунками для распыления воды. Контур состоит из полых труб, на которых закреплены форсунки с отверстиями 3 мм, распыл жидкости происходит при давлении 80 атм. Конструкция устройства позволяет провести обслуживание и ремонт форсунок без отключения всей системы, при этом обеспечивается более высокая эффективность работы АВО путем принудительного охлаждения поступающего воздуха за счет испарения распыленной влаги.

Аппараты воздушного охлаждения работают в условиях значительного изменения температур и влажности окружающего воздуха, при этом должна обеспечиваться конечная температура охлаждаемой среды. Поставленная задача может быть решена с помощью разработки различных систем управления работой АВО [16].

Специалистами ООО «Научно-производственная компания Кедр-89» разработана конструкция АВО [17], теплообменные секции в этом аппарате (рис. 1) изготовлены из попарно соединенных гофрированных пластин, которые обеспечивают более высокие значения коэффициентов теплообмена по сравнению с оребренными трубами. Кроме того, по длине герметичных каналов для прохода охлаждающего потока закреплены поперечные планки, разделяющие поток на две равные части, что обеспечивает равномерное распределение хладагента по тепловым секциям.

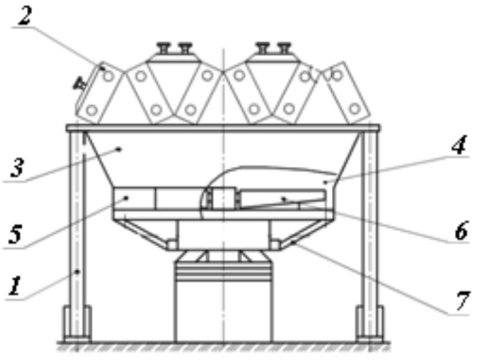


Рис. 1. АВО с секциями из гофрированных пластин [17]: 1 – станина; 2 – секция; 3 – коллектор; 4 – обечайка вентилятора; 5 – диффузор; 6 – вентилятор; 7 – опора диффузора

Такое конструктивное решение позволяет значительно интенсифицировать процесс теплообмена, сократить эксплуатационные затраты, а также уменьшить металлоемкость и габаритные размеры аппарата.

Научно-производственным внедренческим предприятием «Турбокон» предлагается компоновка АВО с верхним расположением вентиляторов [18], в которой периферийные тепловые секции расположены выше, по сравнению с внутренними секциями, что позволяет получать более высокие значения теплосъема и повышать эффективность работы при уменьшении размеров и массы металлоконструкций.

В патенте [19] описана конструкция распределительной камеры АВО для продукта с трубчатой внутренней полостью и прямоугольной наружной частью, в которой передняя и задняя грани выполнены параллельно-плоскими, что снижает технологическую трудоемкость и повышает надежность работы камеры распределения при высоких давлениях за счет крепления теплообменных трубок.

Авторами [20] разработан способ изготовления прямоугольных секций АВО. В этих секциях верхняя, нижняя и боковые трубные решетки образуют корпус с наружным буртом на задней стенке. После закрепления труб, к задней стенке торца корпуса устанавливают стальную мембрану толщиной 2–3 мм, которая образует с корпусом замкнутую полость. Данная конструкция обладает всеми преимуществами разъемной камеры, что обеспечивает удобство изготовления и обслуживания при эксплуатации, а также увеличения срока работы.

Выше приведен анализ научно-исследовательских работ и конструкций отдельных узлов аппаратов воздушного охлаждения, в которых на основании результатов проведенных исследований определены оптимальные режимы работы этих узлов. Однако установка АВО, собранная по этим рекомендациям, не гарантирует высокоэффективную работу, поскольку не учитывает конкретных условий работы аппарата. Таким образом, необходим системный подход – иметь программное обеспечение, позволяющее по техническому заданию выполнить расчет АВО по конкретным условиям.

Разработанная компьютерная программа расчета АВО [21] учитывает реальные условия и параметры АВО и позволяет надежно рассчитывать физико-химические свойства теплоносителей для различных температур и давлений, а также учитывать коррозию и загрязненность трубного пучка. В результате математического моделирования можно сформулировать требования к вентиляторной установке. Авторам работы удалось снизить на 50 % энергопотребление за счет снижения веса рабочего колеса, изготовленного из композитных материалов, в 3–4 раза.

Автор статьи [22], используя программу Matlab, выполнил тепловой расчет АВО применительно к установке первичной переработки нефти. На основании экспериментальных данных ИТК определен вид аппроксимации кривой кипения, которая применялась для расчета температуры конденсации паров бензиновой фракции. Результатом работы является расчет воздушного конденсатора-холодильника с определением выходных температур теплоносителей. В работе температура конденсации рассчитывается для состава фракций, определенных по выходу паров, а не из расчета ректификационной колонны.

В данной работе выполнено моделирование блока конденсации и охлаждения паров бензиновой фракции на установке ЭЛОУ-АВТ, выходящих из верхней части колонны переработки нефти К-2 (температура паров взята по опытным данным), с целью замены существующих теплообменников погружного типа на АВО при использовании пакета программ PRO-II. Предлагаемая схема показана на рис. 2.

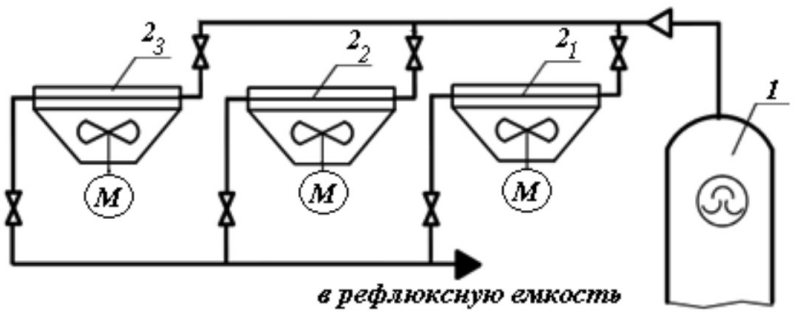


Рис. 2. Схема подключения аппаратов воздушного охлаждения к колонне К-2: 1 – колонна ректификационная К-2; $2_{1\text{-}3}$ – теплообменники типа АВЗ

Массовый расход паров составлял 75300 кг/ч, температура конденсации по опытным данным равна 129 °С, конечная температура – 60 °С (расчетная). В результате проведенных тепловых расчетов выбрано 3 аппарата воздушного охлаждения поверхностью 8600 м^2 каждый типа АВЗ-20-Ж-1,6-Б5-Т3/ 8-2а-6. Общий расход воздуха составил – 2250000 кг/ч.

Выводы

Анализ работ по совершенствованию конструкций АВО показал, что основными направлениями исследований являются повышение энергоэффективности теплообменных секций за счет применения оребрения биметаллических труб и различной компоновки трубного пучка; чистка теплообменной поверхности при изготовлении теплообменных секций и эксплуатации; разработка конструкций вентиляторов с регулированием числа оборотов, установкой угла наклона лопастей и компоновкой вентиляторов. В условиях значительного изменения температуры и влажности охлаждающего воздуха необходимо применение автоматического регулирования режимов работы установки АВО.

На основании анализа научно-исследовательских работ и патентов можно сделать вывод о том, что экспериментальные исследования по повышению энергоэффективности отдельных узлов АВО не позволяет производителям оборудования в полной мере использовать результаты исследований, так как необходимо еще программное обеспечение, позволяющее выполнять комплексные расчеты для конкретных технологических задач.

Список литературы

1. Куринов А.А., Тарасов Р.В., Шибитова Н.В. Снижение себестоимости очистки воды на водоподготовительных установках // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2015. № 4–2. С. 304–305.

2. ГОСТ Р 51364-99. Аппараты воздушного охлаждения. Общие технические условия. М.: Госстандарт России, 2000. 66 с.

3. Крюков Н.П. Аппараты воздушного охлаждения. М.: Химия, 1983. 168 с.

4. Миркин А., Яицких Г., Краснов А., Яицких В. Энергосбережение на НПЗ. Утилизация тепла на установке атмосферной перегонки нефти // Нефть и газ. 2013. № 11. С. 72–75.

5. Кунтыш В.Б., Мулин В.П., Миннигалеев А.Ш. Исследование теплоотдачи, аэродинамического сопротивления и объемно-массовых характеристик шахматных труб со спиральными завальцованными ребрами // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2005. № 12. С. 12–15.

6. Кунтыш В.Б., Пиир А.Э. Анализ тепловой эффективности, объемной и массовой характеристики теплообменных секций аппаратов воздушного охлаждения // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2009. № 5. С. 3–6.

7. Кунтыш В.Б., Санкович Е.С., Сухоцкий А.Б., Мулин В.П. Новые конструкции биметаллических ребристых труб для воздухоохлаждаемых теплообменников // Химическое и нефтегазовое машиностроение. 2013. № 2. С. 3–7.

8. Абдеев Э.Р., Талыпов Ш.М., Шарипов М.И., Мицкевич П.В., Кучинский Ю.В., Васильева К.Б. Исследование тепловой эффективности аппаратов воздушного охлаждения нефтеперерабатывающих производств с различной компоновкой трубных пучков теплообменных секций // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2011. № 3 (85). С. 166–175.

9. Абдеев Э.Р., Мицкевич П.В., Швецов М.В., Абдеев Р.Г., Кузнецов В.А. Исследование энергоэффективности различных компоновок трубных пучков аппаратов воздушного охлаждения // Нефтегазовое дело. 2012. № 6. С. 404–418.

10. Акулов К.А., Голик В.В., Пономарёва Т.Г. Очистка аппаратов воздушного охлаждения газа // Фундаментальные исследования. 2015. № 12. С. 453–456.

11. Шибитов Н.С., Шибитова Н.В., Головančиков А.Б., Александрин Д.Р. Центробежная форсунка // П.м. РФ № 152472. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Волгоградский государственный технический университет» (ВолгГТУ). 2015. Бюл. № 16.

12. Шарипов М.И., Абдеев Р.Г. Повышение эффективности аппаратов воздушного охлаждения нефтегазовой отрасли совершенствованием методов проектирования и изготовления // Вестник ОГУ. 2008. № 11. С. 132–135.

13. Халисматов И.Х., Агзамов Ш.К., Наубеев Т.Х., Агзамов Ж.Ш., Сапашов И.Я., Абдикамалов Д.Х. Эффективность использования аппаратов воздушного охлаждения // International Scientific and Practical Conference. 2016. № 3 (7). С. 47–52.

14. Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Халиуллин С.М. Исследование размещения вентиляторов в аппаратах воздушного охлаждения // Вестник технологического университета. 2017. Т. 20. № 10. С. 29–30.

15. Маланичев В.А., Миатов О.Л., Типайлов А.М. Разработка и модернизация вентиляторных блоков аппаратов воздушного охлаждения // Химическая техника. 2004. № 2. С. 15–19.

16. Шевцов А.В. Устройство для предварительного охлаждения воздуха в аппаратах воздушного охлаждения // Пат. РФ № 2614623. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью «ИнТехЭнерго». 2017. Бюл. № 10.

17. Крюков О.В. Система управления аппаратами воздушного охлаждения // П.м. РФ № 106310. Патентообладатель Открытое акционерное общество «Гипрогазцентр». 2011. Бюл. № 19.

18. Лебедев Ю.Н. Аппарат воздушного охлаждения // Пат. РФ № 2549059. Патентообладатель ООО «Научно-производственная компания Кедр-89». 2015. Бюл. № 11.

19. Мильман О.О., Кузина Л.А., Перов В.Б. Аппарат воздушного охлаждения // П.м. РФ № 170788. Патентообладатель Закрытое акционерное общество Научно-производственное внедренческое предприятие «Турбокон». 2017. Бюл. № 14.

20. Мищенко А.В. Камера распределительная продукта аппаратов воздушного охлаждения с трубчатой внутренней полостью и прямоугольной наружной геометрией // П.м. РФ № 2610972. Патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Научно-производственное объединение «Спецнефтехиммаш». 2017. Бюл. № 5.

21. Андрианов Н.Ф., Вольфсон Б.С., Лифанов В.А., Федина Г.Ю. Способ изготовления прямоугольных камер секций аппаратов воздушного охлаждения // Пат. РФ № 2430823. Патентообладатель Андрианов Н.Ф. 2011. Бюл. № 28.

22. Тугашова Л.Г. Разработка MATLAB-модели аппарата воздушного охлаждения процесса атмосферной перегонки нефти // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2015. Т. 1. № 3. С. 105–111.

УДК 004.032.26

СЖАТИЕ С ПОТЕРЯМИ МУЛЬТИСПЕКТРАЛЬНЫХ СНИМКОВ НА ОСНОВЕ ИСКУССТВЕННОЙ НЕЙРОННОЙ СЕТИ

Шишкин О.Г.

Институт программных систем им. А.К. Айламазяна Российской академии наук, Веськово, Ярославская область, e-mail: psi@botik.ru

В связи с неизменным подъемом размера данных, которые настоятельно требуют оперативной передачи при постоянной полосе пропускания нормальных радиоканалов связи, остро возникает недостаточность ускорения всего процесса, которая обычно принимается решением совершенствования способов сжатия информации. Для задач изучения Земли из космоса представляет внимание сжатие изображений с потерями или же с ограниченными потерями. В нынешнее время присутствует ряд алгоритмов и способов сжатия с потерями, любая из коих владеет собственными превосходствами и дефектами. Актуальность задачи сжатия связана и с задачей малогабаритного сбережения данных дистанционного зондирования Земли, потому что графические данные, тем более файлы растровых изображений, занимают довольно огромный размер памяти. Прогрессивной направленностью этого направления служит создание электронных библиотек информации дистанционного зондирования Земли в рамках становления программы изучения Земли из космоса. Эти национальные информационные системы пользуют множество спутниковых данных для заключения всевозможных задач. Они сконцентрировали и сосредоточили большие массивы геопространственных данных, получаемых со спутников, собственно, что делает нешуточными трудности при организации сбережения и доступа. В работе представлены метод и результаты сжатия с потерями и восстановления мультиспектральных снимков с помощью искусственных нейронных сетей для повышения пропускной способности в системах дистанционного зондирования Земли. Проведен аналитический обзор методов сжатия данных на основе искусственных нейронных сетей. Проведены экспериментальные исследования, подтверждающие целевые показатели качества.

Ключевые слова: сжатие данных с потерями, рециркуляционные нейронные сети, компрессия, декомпрессия, мультиспектральные снимки, объем данных, коэффициент сжатия

COMPRESSION WITH LOSSES OF MULTISPECTRAL IMAGES THAT ARE BASED ON ARTIFICIAL NEURAL NETWORK

Shishkin O.G.

Ailamazyan Program Systems Institute of Russian Academy of Sciences, Veskovo, Yaroslavl region, e-mail: psi@botik.ru

With the connection of the continuous growth in the amount of data requiring fast transmission with constant transmission band of standard radio communication channels, the problem of speeding up this process is sharply raised, which is traditionally solved by improving the methods of information compression. For the purposes of studying the Earth from space, it is of interest to compress images with losses or with limited losses. Presently, there is a number of compression schemes with losses, each of which has its advantages and disadvantages. The urgency of the compression problem is also connected with the problem of compact storage of remote sensing data of the Earth, since graphic data, especially raster image files, occupy a rather large amount of memory. Nowadays tendency in this area is the creation of electronic libraries of Earth remote sensing information within the framework of the development of Earth exploration programs from outer space. These national information systems use satellite data streams to solve a variety of tasks. They have concentrated huge arrays of geospatial data received from satellites, which creates serious problems in the organization of storage and access. The paper presents the method and the results of losses of compression and reconstruction of multispectral imagery using artificial neural networks to increase message rate in remote sensing systems. An analytical review of methods of data compression based on artificial neural networks is conducted. Experimental studies confirming the quality targets have been carried out.

Keywords: lossy data compression, recirculation neural networks, compression, decompression, multispectral images, data volume, compression ratio

Неизменный подъем размеров информации в системах дистанционного зондирования Земли усложняет оперативность обработки данных, возникает сложность ускорения данного процесса, которая решается за счет совершенствования способов сжатия информации. Решение предоставленной трудности гарантирует: сокращение больших потоков цифровых данных; расширение полосы пропускания каналов; наращивание размеров памяти выходных регистрирующих устройств; увеличение эффективности в управлении сложными объектами с помощью оперативному получению важных сведений из сжатых данных. Актуальность задачи сжатия связана и с задачей малогабаритного сбережения данных ДЗЗ, потому что графические данные, тем более файлы растровых изображений, занимают довольно огромный размер памяти. Направленность данного алгоритма направлена на создание электронных библиотек обработки информации ДЗЗ в рамках становления программ

изучения Земли из космоса. Эти национальные информационные системы используют множество спутниковых данных для заключения всевозможных задач.

Цель исследования: тестирование нейросетевого алгоритма сжатия с потерями с помощью рециркуляционных нейронных сетей. Проведение аналитического обзора работ по сжатию и восстановлению данных для систем дистанционного зондирования Земли.

Материалы и методы исследования

Есть достаточная численность всевозможных алгоритмов сжатия, той или другой степени, которые отвечают разным конструктивным притязаниям предоставленной области, в которой они используются. К примеру, JPEG отлично подходит для компрессии различных фото, близких к реальности картин; RLE эффективен при компрессии схематичных рисунков, содержащих блоки пикселей 1-го и такого же цвета; для сжатия изображений «в векторе» как правило применяется метод Хаффмана. Все эти методы не универсальны, так как разработаны для компрессии изображений конкретного семейства. Сложившимся образом создание современных алгоритмов, технологий и средств сжатия изображений на сегодняшний день считается важной задачей.

Рассмотрим некоторые работы в области сжатия данных на основе нейросетевых методов. В статье [1] описан подход к сжатию полноцветных изображений с использованием многослойного персептрона. Уточняется зависимость характеристик сжатия от числа слоев и количества нейронов в них, приводятся итоги изучения свойства сжатия и ориентируется лучшая конструкция нейронной сети для заключения задачи сжатия. Предлагаемая автоматическая система, которая разрешает оператору задавать каждую численность нейронных сеток для сжатия данных, отыскать коэффициент, позволяющий опознать скорость изучения сети, квалифицировать подборку и структуру, способна компетентно решать установленные задачи. В структуре системы совершен способ оборотного распространения ошибки. В предлагаемую систему входит оценка издержки свойства данных, графический интерфейс для оператора. Впоследствии изучения нейросети предлагаемая система дает абсолютный доклад о процедуре изучения. Описывается информация о числе и продолжительности серий изучения, в том числе итоговое пиковое отношение сигнала к шуму и среднеквадратичная аномалия.

В работе [2] рассмотренные абстрактные обоснования и способности использования исследованных в работе алгоритмов сжатия изображений для заключения задач, связанных с представлением данных, нахождением доминирующих взаимосвязей между частями случайных полей и настоящих изображений, построением алгоритмов стеганографического скрытия информации. Особенностью исследованных алгоритмов считается их инвариантность к форме фрагментов изображений и обобщение на случай использования гетероассоциативных сжимающих преобразований. Показано, собственно, что использование аппарата искусственного происхождения нейронных сеток для реализации гетероассоциативных сжимающих преобразований дает определённые выдающиеся качества с точки зрения уменьшения времени выполнения процедуры сжатия при наличии раньше обученного преобразователя.

В работе [3] рассматривается метод компрессии данных на базе нейронной сети «Gaussian ART», осуществляющей операцию векторного квантования. Приводятся итоги моделирования предлагаемого метода в среде Matlab, которые признают эффективность применения предоставленного способа.

Процесс компрессии информации состоит из следующих шагов:

− преобразование массива пикселей в массив значений пространственной частоты;

− кластеризация;

− кодирование последовательностей путем принятия решения по каждой выборке;

− кодирование последовательности действий.

Предлагаемый метод компрессии информации включает следующие шаги:

− разбиение изображения или картинки на блоки разных размеров;

− DCT-преобразование к каждому блоку;

− преобразование блока в вектор;

− обучение искусственной нейронной сети;

− считывание нейронов;

− сжатие данных.

В работе [4] проведено изучение фрактального способа сжатия изображений. В разработанном способе фрактального сжатия применяются стеганографические функции, когда в данные (сжатые) изображения имеется возможность внедрять любую информацию, при восстановлении рисунки из ужатых данных качество рисунка не изменяется или же практически не изменяется. Система сжатия произведена из метода встраивания и метода извлечения требуемого сообщения. При размещении сообщения не слишком заметно изменяет изначальную графическую информацию. Программа работает с изображениями, имеющими надлежащие свойства (ограничения): а) формат – лишь только BMP; б) глубина цвета – лишь только 24 бита; в) численность пикселей и величина изображения (минимальный размер) – 32*32 пикселя (3 кб); величина практически сжатого изображения (максимальный размер) – 3100*3100 пикселей (27,4 Мб). Система работает с любыми черно-белыми, так и с цветными картинками, в том числе с разными формами изображений. В интерфейс предлагаемой программы входит:

− качество восстановления;

− количество операций восстановления данных;

− образцы библиотек.

В работе [5] предложен нейросетевой метод сжатия информации. Разработанная программа способна моделировать обучение нейронной сети для сжатия и восстановления графической информации. На вход такой нейросети подается числовой массив, представляющий относительные яркости пикселей изображения. Размерность входного поля составляет 50×50 пикселей. Всего на рецепторном поле требуется 2500 пикселей. Для снижения числа обучаемых весов входное поле было разбито на две части, нижнюю и верхнюю, причем за сжатие каждой области отвечала собственная нейросетевая воронка. При считывании яркости пикселей двумерный массив яркостей преобразовывается в одномерный, который в то же время масштабируется для вхождения в требуемый диапазон значений. В процессе обучения нейронной сети можно наблюдать постепенное нарастающее сходство восстанавливаемого и исходного изобра-

жений. Для эксперимента было взято изображение на ткани, нанесенное в печатном цехе. Предложены различные способы понижения размерности пространства поиска оптимальных весовых коэффициентов при помощи разбиения скрытого слоя нейронной сети на несколько меньших слоев. Показано, что при понижении размерности задачи нейросетевая воронка успешно заменяет метод главных компонент, содержащий такие затратные и трудно поддающиеся распараллеливанию операции, как отыскание собственных чисел и собственных векторов матриц.

Чаще всего используются для решения компрессии и декомпрессии данных многослойные персептроны (архитектура «бутылочное горлышко»), которая реализована в разработанной системе [6]. Предлагаемая система способна работать в режиме реального времени. В разработанной системе задается любое количество скрытых слоев и допускается настроить количество искусственных нейронов в любом слое. Процесс компрессии информации состоит из следующих шагов:

− разбиение изображения или картинки на блоки разных размеров;

− каждый блок-фрагмент состоит из определенного количества пикселей;

− значения каждого пикселя подаются на вход нейросети;

− преобразование вектора сжатых данных;

− постоянная величина – коэффициент сжатия.

Нейросеть распределяется на 2 части: на компрессию изображения и на декомпрессию изображения, собственно, что разрешает применить нейросеть во всевозможных приложениях. Для определения параметров весов нейросети в данной системе используется генератор случайных чисел. Метод наискорейшего спуска и способ оборотного распространения ошибки применяется для изучения искусственного происхождения нейронной сети. Не обращая внимания на большое число дефектов (высокая продолжительность розыска направленности минимизации весов и т.д.), программа достаточно хорошо подходит для решения требуемой задачи.

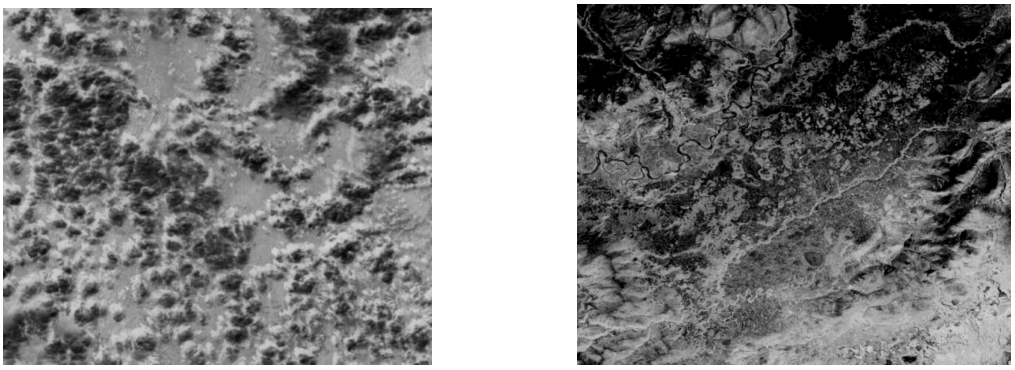
В работе [7] решаются задачи компрессии-декомпрессии изображения. Нейронные сети обучались по методу обратного распространения ошибки метод вычисления градиента, который используется при обновлении весов многослойного перцептрона. Этот итеративный оптимизационный метод действует по принципу градиентного спуска, который применяется для минимизации функции промаха работы искусственного происхождения нейронной сети (скрытый слой содержит наименьшую размерность, входной и выходной слои имеют однообразные размерности, равные размерности сжимаемых данных). Коэффициент сжатия метода определяет соотношение размерностей входного и укрытого слоёв. На вход нейросеть получает образец входных данных, на выходе нейросеть выдает те же данные, поданные на вход. Создано некоторое количество всевозможных искусственного происхождения нейронных сеток со надлежащими топологиями: 64-32-64, 64-16-64, 16-8-16, 16-4-16. По итогам по компрессии и декомпрессии изображений зарекомендовала нейросеть с топологией 16-4-16 (в среднем 3 с на сжатие и 3,5 с на восстановление).

Результаты исследования и их обсуждение

В настоящей работе для сжатия и восстановления изображений использовались рециркуляционные нейронные сети. Исходное изображение размерностью $n \times n$ требуется разделить на множество блоков размерности $p \times q$, где $p, q < n$, при этом число таких блоков $k = n^2/(p \times q)$. Все прямоугольники полностью накрывают исходное изображение и не выходят за его границы, при этом допускается перекрытие прямоугольников. Число нейронов первого слоя рециркуляционной сети соответствует размерности окна. На вход нейронной сети подаются фрагменты исходного изображения, получаемые в результате сканирования скользящим окном.

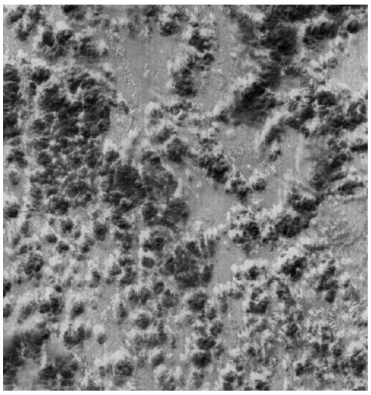
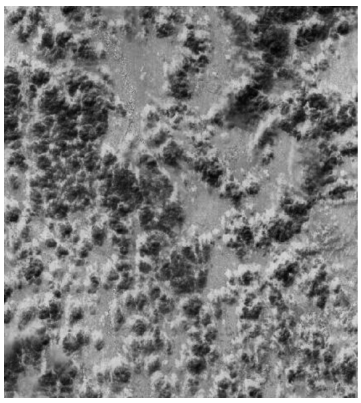
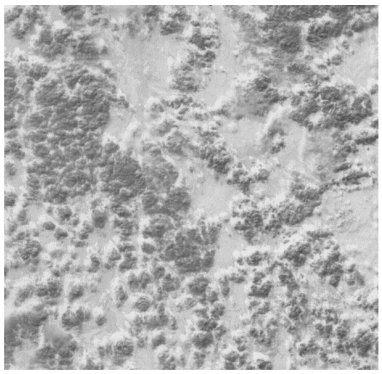
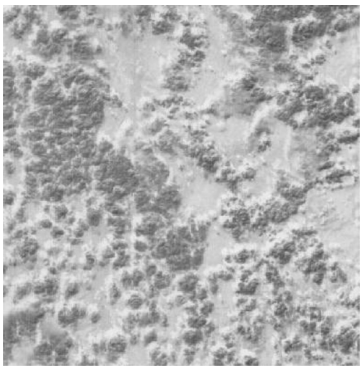
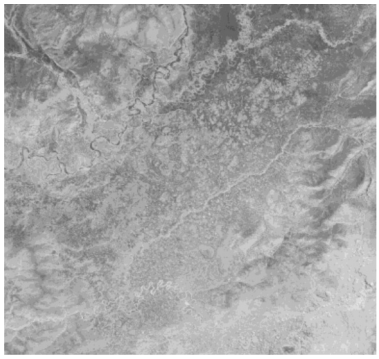
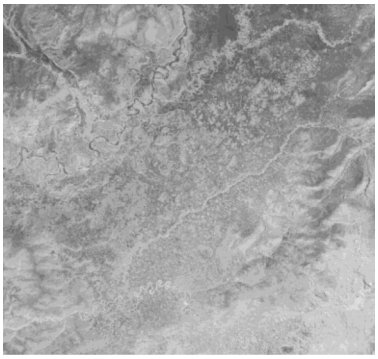
Среднеквадратические ошибки для каждого прямоугольника складываются в суммарную ошибку. В качестве теста при проведении тестирования использовались растровые изображения дистанционного зондирования Земли (рисунок).

Допускается использование как полноцветных, так и черно-белых изображений. Результаты работы нейросетевого алгоритма сжатия с потерями изображений размером 100x100 пикселей представлены в таблице. Для сравнения двух изображений используется индекс структурного сходства (SSIM, Structure Similarity) [8–10].



Пример обрабатываемых данных

Результаты работы нейросетевого алгоритма

Входные данные	Параметры компрессии и результаты сжатия	Восстановленные данные
 Размер: (49,1 МБ)	Размер блока: 8x8; Количество нейронов: 8; Размер сжатого изображения: 6,15МБ; Степень компрессии: 7; SSIM: 0,89%	 Размер: (49,1 МБ)
 Размер: 12,3 МБ	Размер блока: 8x8; Количество нейронов: 6; Размер сжатого изображения: 1,15 МБ; Степень компрессии: 10; SSIM: 0,88%	 Размер: 12,3 МБ
Размер: 7,67 МБ	Размер блока: 8x8; Количество нейронов: 8; Размер сжатого изображения: 2,04 МБ; Степень компрессии: 7; SSIM: 0,81%.	Размер: 7,84 МБ
 Размер: 15,8 МБ	Размер блока: 8x8; Количество нейронов: 8; Размер сжатого изображения: 2,9 МБ; Степень компрессии: 7; SSIM: 0,83%.	 Размер: 15,9 МБ

Тестирование проводилось на персональном компьютере с процессором Intel Core i3-8300.

Заключение

В работе приведены результаты тестирования нейросетевого алгоритма сжатия с потерями. Показано, что рециркуляционные нейронные сети эффективно сжимают и восстанавливают информацию. Проделанный обзор работ свидетельствует о том, что создание новых технологий и средств сжатия изображений по сей день является актуальной задачей. В дальнейших исследованиях автор настоящей работы планирует применить некоторые из рассмотренных методов для решения сжатия и восстановления данных в системах дистанционного зондирования Земли.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований Президиума РАН № I.2.56 «Фундаментальные основы прорывных технологий в интересах национальной безопасности» (проект «Разработка и исследование методов и технологии высокопроизводительного сжатия целевой информации, передаваемой по каналам космической связи в интересах национальной безопасности Российской Федерации»)) и проектов РФФИ № 16-07-00096-а «Методы решения навигационных и траекторных задач в бортовых системах интеллектуального управления автономных летательных аппаратов на основе оптимизации конвейерных, разрядных и параллельных вычислений» и № 18-29-03011-мк «Исследование и разработка новых методов и технологий для задач интеллектуального анализа и оптимизации обработки больших потоков данных дистанционного зондирования Земли».

Список литературы

1. Лезин И.А., Соловьев А.В. Сжатие изображений с использованием многослойного персептрона // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2016. № 4. С. 1–4.

2. Сирота А.А., Дрюченко М.А. Обобщенные алгоритмы сжатия изображений на фрагментах произвольной формы и их реализация с использованием искусственных нейронных сетей // Компьютерная оптика. 2015. № 5. С. 1–11.

3. Руденко О.Г., Сныткин М.С. Применение нейронной сети Gaussian Art в алгоритмах сжатия изображений // Система обработки информации. 2012. № 3. С. 1–4.

4. Белозерцев Ю.В., Велигоша А.В., Верещагин В.Н., Пеленков И.И. Фрактальное сжатие графической информации с реализацией стеганографических функций для каналов связи с БПЛА // Теория и техника радиосвязи. 2016. № 3. С. 35–45.

5. Ясинский И.Ф. О сжатии информации при помощи нейросетевой воронки // Технология текстильной промышленности. 2012. № 4. С. 1–5.

6. Солдатова О.П., Шепелев Ю.М. Сжатие визуальных данных с использованием многослойного персептрона. Издательство Самарского научного центра РАН. 2015. С. 221–224 [Электронный ресурс]. URL: http://repo.ssau.ru/handle/Perspektivnye-informacionnye-tehnologii/Szhatie-vizualnyh-dannyh-s-ispolzovaniem-mnogosloinogo-perseptrona-61152 (дата обращения: 17.09.2018).

7. Родов А.А., Артамонова А.П., Новикова С.В. Полносвязные многослойные нейронные сети как инструмент обработки монохромных изображений: XLIII Студенческая международная заочная научно-практическая конференция «Молодежный научный форум: технические и математические науки. 2017. № 3. С. 45–49 [Электронный ресурс]. URL: https://nauchforum.ru/archive/MNF_tech/3%2843%29.pdf (дата обращения 17.09.2018).

8. Loza et al. Structural Similarity-Based Object Tracking in Video Sequences // Proc. of the 9th International Conf. on Information Fusion, 2006 [Электронный ресурс]. URL: http://fusion.isif.org/proceedings/fusion06CD/Papers/116.pdf (дата обращения: 14.09.2018) (дата обращения 17.09.2018).

9. Радченко Ю.С., Игнатов В.А. Статистика структурных изменений изображений на основе спектрального и корреляционного анализа полей // Вестник ВГУ: Физика. Математика. 2014. № 2. С. 1–13.

10. Гришенцев А.Ю. Эффективное сжатие изображений на базе дифференциального анализа // Журнал радиоэлектроники: электрон. журн. 2012. № 11 [Электронный ресурс]. URL: http://jre.cplire.ru/iso/nov12/1/text.html (дата обращения 17.09.2018).

УДК 004.021

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯ ХРАНЕНИЯ, УЧЕТА И ВИЗУАЛИЗАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ РЕКОНСТРУКЦИИ В СОСТАВЕ ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОИМПЕДАНСНОЙ ТОМОГРАФИИ

Щербаков И.Д., Алексанян Г.К., Щербакова М.В., Сулыз А.В.

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ) им. М.И. Платова, Новочеркасск, e-mail: graer@yandex.ru

Настоящая статья посвящена исследованию вопросов проектирования программного обеспечения в составе информационно-измерительной системы электроимпедансной томографии для решения задач хранения, обработки, анализа и реконструкции данных результатов исследований. В работе сформированы требования к разрабатываемому программному обеспечению с учетом специфики его использования, а также государственных нормативных документов. На основании предъявляемых требований описаны основные принципы построения программного обеспечения, разработаны алгоритмы и блок-схемы функционирования основных компонентов. В результате выполненных работ на основе среды разработки IntelliJ Idea с применением объектно-ориентированного языка программирования высокого уровня Java разработано программное обеспечение, решающее поставленные задачи по поддержке исследований методом электроимпедансной томографии. При помощи разработанного программного обеспечения осуществляется взаимодействие с аппаратной частью информационно-измерительной системы. Кроме того, реализованы функции визуализации результатов обработки измерительных данных. Также пользователю доступны основные функции работы с архивом измерительной информации: внесение, хранение, поиск и выдача по информационным запросам информации о проведенных исследованиях. Показанные в работе результаты работы разработанного программного обеспечения демонстрируют возможность применения приложения в исследованиях методом электроимпедансной томографии.

Ключевые слова: электроимпедансная томография, передача данных

DEVELOPMENT OF THE MODULE OF STORAGE, ACCOUNTING AND VISUALIZATION OF THE RECONSTRUCTION RESULTS IN THE COMPOSITION OF THE ELECTROIMPEDANCE TOMOGRAPHY INFORMATION MEASUREMENT SYSTEM

Shcherbakov I.D., Aleksanyan G.K., Shcherbakova M.V., Sulyz A.V.

South Russian State Polytechnic University (NPI) them. M.I. Platova, Novocherkassk, e-mail: graer@yandex.ru

This article is devoted to the study of software as a part of the electrical impedance tomography information-measuring system for solving problems of storing, processing, analyzing and reconstructing research results data. In the work, the requirements for the developed software are formulated, taking into account the specifics of its use, as well as government regulations. On the basis of the requirements, the basic principles of software design are described, algorithms and flowcharts for the functioning of the main components are developed. As a result of the work performed on the basis of the IntelliJ Idea development environment, using high-level object-oriented programming language Java, software has been developed that solves the task of supporting research by the method of electrical impedance tomography. With the help of the developed software, the interaction with the hardware of the information-measuring system is carried out. In addition, the visualization of the results of processing the measurement data. Also, the user has access to the basic functions of working with the archive of measurement information: entering, storing, searching and issuing information on the conducted research for information requests. The results of the work of the developed software shown in the work demonstrate the possibility of using the application in research by the method of electrical impedance tomography.

Keywords: electrical impedance tomography, data transfer

При выполнении исследований внутренних структур методом электроимпедансной томографии (ЭИТ) генерируются большие объемы измерительных данных, требующих обработки, анализа и хранения с возможностью организации оперативного доступа к ним. Таким образом, возникает проблема разработки программного обеспечения, отвечающего указанным требованиям.

Целью настоящей работы является техническая реализация программной части информационно-измерительной системы ЭИТ. В рамках решения поставленных задач предложена разработка программного обеспечения (ПО) для обеспечения взаимодействия пользователя с устройством ЭИТ. Разработанное ПО является мультиплатформенным десктопным приложением.

Программное обеспечение предназначено для эффективной работы с данными исследований методом ЭИТ и базой ИО, с поддержкой следующих функций:

– взаимодействие с аппаратным обеспечением ЭИТ;

Рис. 1. Структурная схема ПО ЭИТ

– добавление карты исследуемого объекта (ИО) [1];
– вывод списка ИО на форму приложения;
– вывод полной информации об ИО на форму;
– поиск ИО;
– удаление из списка активных ИО;
– создание оперативного режима с упрощенным заполнением информации об ИО.

Материалы и методы исследования

Разработка ПО для решения поставленных задач ЭИТ [2] предполагает наличие ряда сложностей, связанных со спецификой данного направления. Основными требованиями к ПО для данного направления являются:
– высокая точность расчетов;
– возможность визуализации массивов данных;
– простота использования;
– статистическая обработка данных;
– ведение истории результатов исследований.

Для решения поставленных задач выбран язык программирования *Java* [3].

На сегодняшний день *Java* является одним из самых популярных и востребованных языков программирования. Широкое распространение выбранного языка программирования связано с применением объектно-ориентированного подхода, поддержкой большого числа операционных систем и легкостью изучения [3].

Разработка ПО на языке *Java* имеет следующие преимущества:
– кроссплатформенность;
– большое сообщество разработчиков;
– низкий порог вхождения;
– хорошая документация на русском языке;
– возможность разработки ПО на различных операционных системах [4].

Для выполнения поставленной задачи использована свободно распространяемая среда разработки *IntelliJ IDEA*[5] – интегрированное решение для ряда языков программирования, в частности *Java*, *JavaScript* [6], *Python* [7], разработанное компанией *JetBrains* [8].

Дополнительно использованное программное обеспечение для разработки интерфейса – *JFoenix* [9], это *Java* – библиотека с открытым исходным кодом, которая реализует *Google Material Design* [10] с использованием компонентов *Java*.

С учетом поставленных задач разработана структурная схема ПО, представленная на рис. 1.

Как можно видеть из схемы, представленной на рис. 1, предложенное ПО состоит из модуля получения измерительных данных, модуля визуализации и модуля архива.

Модуль получения измерительных данных выполняет функции связи с аппаратным обеспечением ЭИТ, осуществляет задание параметров исследования и их мониторинг, а также прием и обработку результатов измерения.

Модуль визуализации предназначен для реконструкции результатов исследования методом ЭИТ и вывода их на экранную форму.

Модуль архива реализует функцию хранения результатов измерений в структурированном виде, обеспечивая оперативный доступ к хранимым данным для последующего использования.

Программное обеспечения реализует два режима исследования методом ЭИТ: режим однократного измерения и режим длительного мониторинга. Блок-схема алгоритма режима однократного измерения показана на рис. 2.

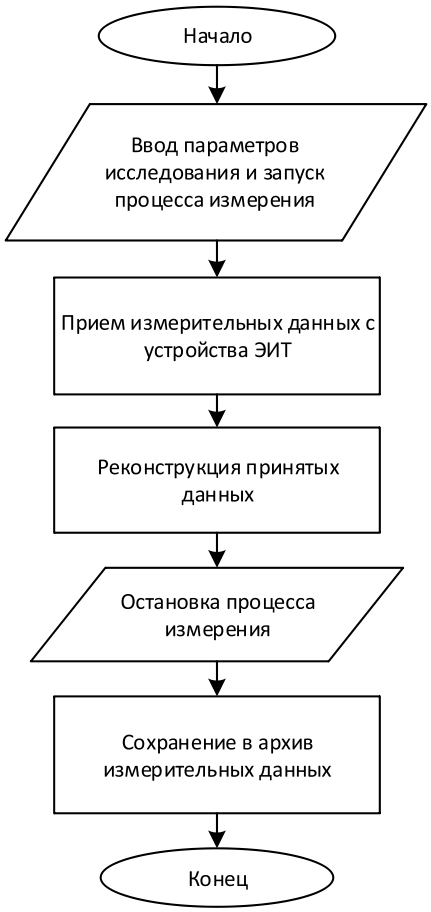


Рис. 2. Блок-схема алгоритма режима однократного измерения

Как видно из представленной блок-схемы, алгоритм работы ПО в данном режиме состоит из однократного выполнения функций задания параметров исследования, получения измерительных данных, визуализации результатов их реконструкции, и сохранения полученных результатов в архив. Данный режим работы предложенного ПО также можно назвать ручным.

Блок-схема алгоритма режима длительного мониторинга показана на рис. 3.

Представленная блок-схема, описывает алгоритм работы ПО в автоматическом режиме. Пользователю доступно задание длительности процесса мониторинга, после которого процесс автоматически прервется, ПО сохранит полученные измерения в архив. Кроме того, пользователю доступно автоматическое изменение параметров в заданных пределах с шагом N. Моментом завершения автоматического мониторинга будет являться достижение конечных значений параметров измерения. Таким образом, процесс автоматического режима измерения будет итерироваться по множеству $A\epsilon[b; c]$ с шагом N, где b и c – начальные и конечные параметры измерения соответственно.

Результаты исследования и их обсуждение

Окно списка ИО является стартовым и отвечает за реализацию функционала по управлению картами ИО, включающую добавление и удаление карты пациента и вывод информации. Данное окно разработано в соответствии с ГОСТ Р 55544 [11] и показано на рис. 4.

Окно также содержит текстовое поле для поиска ИО по фамилии, имени и отчеству, в случае если исследуемый объект является человеком.

При нажатии на кнопку «Удалить карту» производится перевод записи выбранного ИО в режим «Не активен», после чего запись не будет отображаться в списке пациентов, но останется в базе данных.

Текстовое поле, находящееся над списком пациентов, предназначено для поиска карты пациента по ФИО.

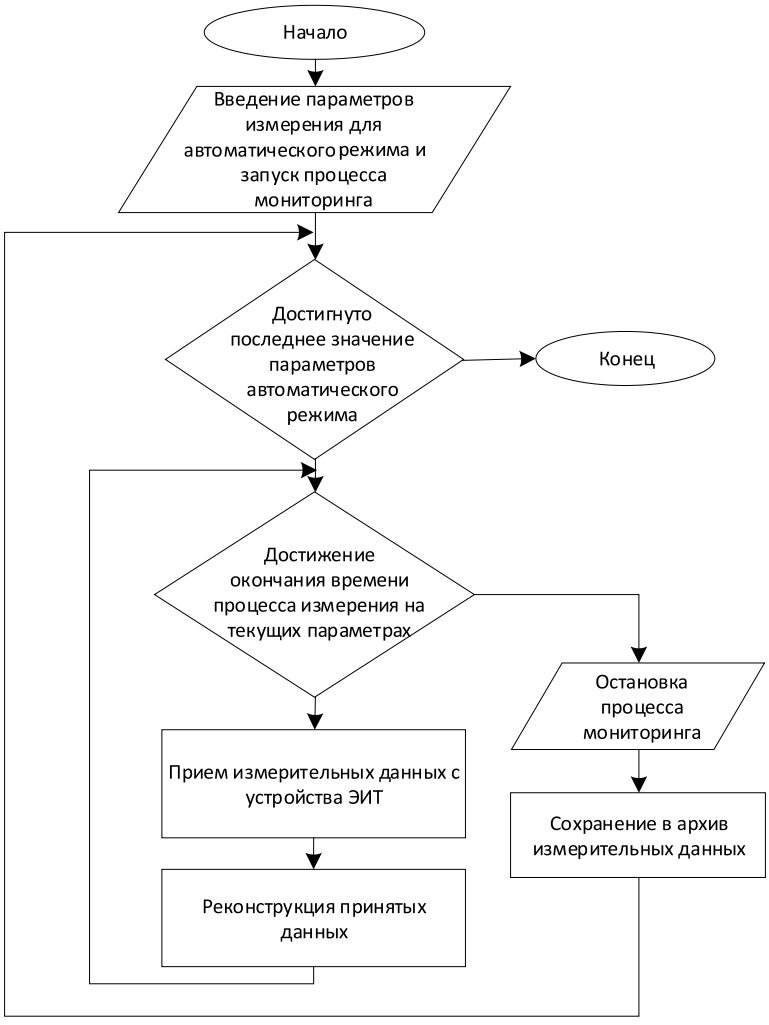


Рис. 3. Блок-схема алгоритма режима длительного мониторинга

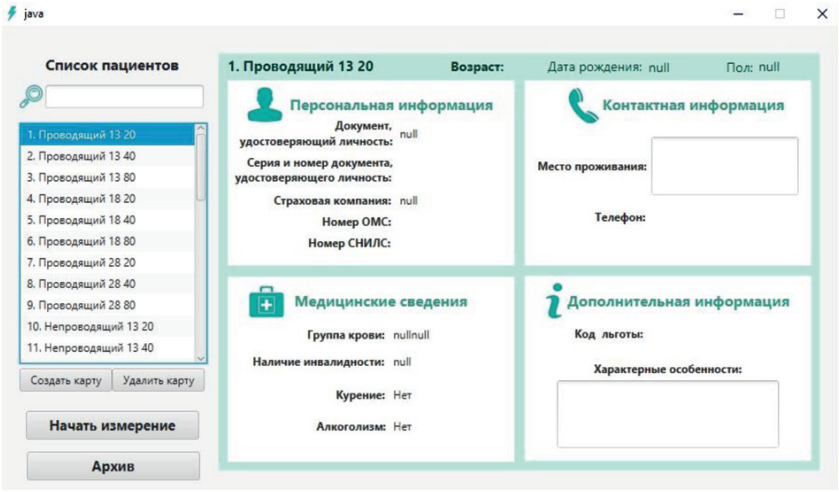


Рис. 4. Окно списка ИО

При нажатии на кнопку «Создать карту» на экране появляется новое окно создания карты, разработанное в соответствии с приказом Минздрава России 18-1/1010 [12], оно изображено на рис. 5.

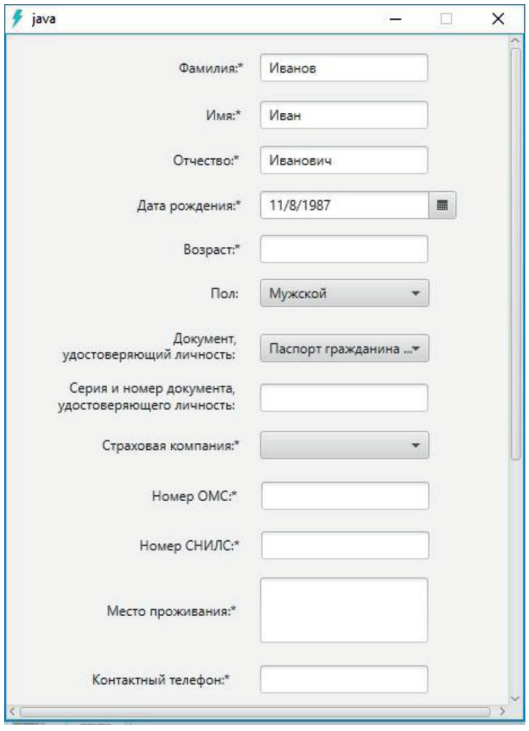


Рис. 5. Окно создания карты

Окно создания карты предназначено для внесения первичной информации об ИО. Данный раздел заполняется работником однократно при регистрации ИО. Внесенные сведения хранятся в карте ИО.

Окно настроек параметров исследования представлено на рис. 6. Пользователю доступен выбор между автоматическим и ручным режимом измерения, которые описаны выше. Кроме того, в окне представлены настройки параметров соединения с устройством ЭИТ и настройки непосредственно параметров исследования.

На рис. 7 представлено окно модуля визуализации, в котором осуществляется вывод информации результатов реконструкции измерительных данных, а также графиков изменения результатов измерения во времени. В данном окне пользователь выполняет запуск и остановку процесса исследования.

На рис. 8 показано окно модуля архива. В данном окне осуществляется вывод информации о проведенных ранее исследованиях выбранного ИО. При выборе необходимой записи архива осуществляется запуск окна модуля визуализации.

Заключение

В результате выполненных работ на основе среды разработки *ItelliJ Idea* разработано программное обеспечение, решающее задачи по проведению исследований методом ЭИТ. При помощи разработанного программного обеспечения осуществляется взаимодействие с аппаратным обеспечением электроимпедансной томографии. Кроме того, реализованы функции визуализации результатов обработки измерительных данных.

Также пользователю доступны основные функции работы с архивом измерительной информации: внесение, хранение, поиск и выдача по информационным запросам информации о проведенных исследованиях.

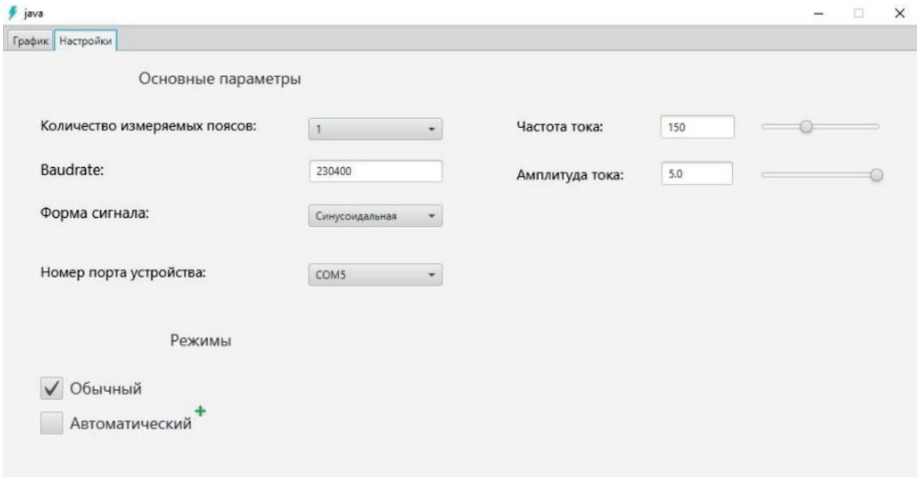


Рис. 6. Окно настройки параметров исследования

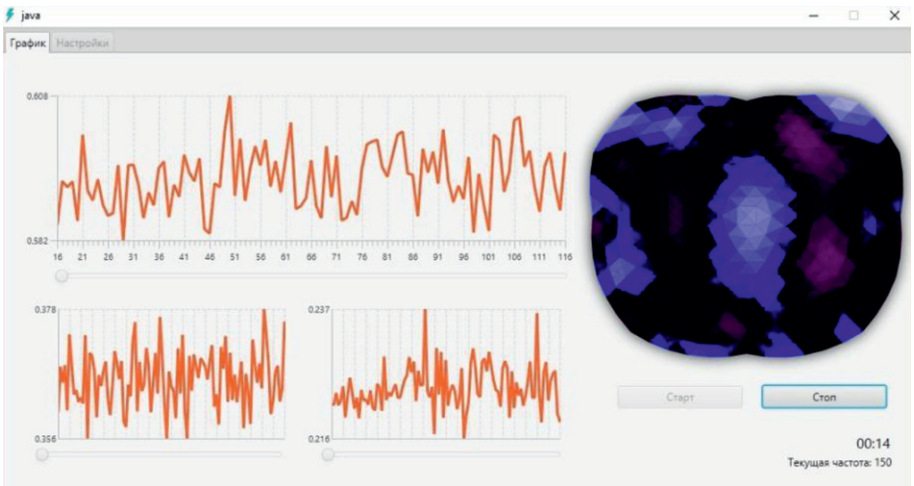


Рис. 7. Окно модуля визуализации результатов исследования

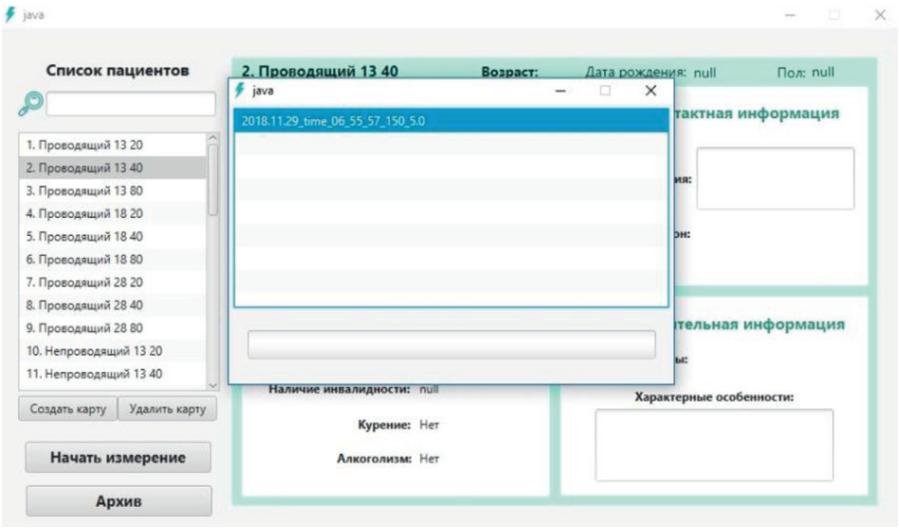


Рис. 8. Окно модуля визуализации результатов исследования

Разработанное программное обеспечение совместно с аппаратно-программным комплексом электроимпедансной томографии пригодно к использованию в исследовательских целях.

Работы выполняются в рамках гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых МК-196.2017.8.

Список литературы

1. Проект медицинской электронной карты [Электронный ресурс]. URL: http://medspecial.ru/for_doctors/12/1113/ (дата обращения: 12.11.2018).

2. Алексанян Г.К., Денисов П.А., Кучер А.И. Исследование применимости натурно-модельного подхода для задач реконструкции поля проводимости при многочастотной электроимпедансной томографии // Фундаментальные исследования. 2016. № 11–5. С. 895–899.

3. Герберт Шилдт Java 8. Руководство для начинающих. 6-е изд. Вильямс: Издательский дом, 2015. С. 720.

4. Алексей Стахнов, Linux. 4-е изд. СПб.: «БХВ-Петербург», 2011. С. 725.

5. Intellij Idea The java IDE for professional developers [Электронный ресурс]. URL: http://www.jetbrains.com/idea/ (дата обращения: 12.11.2018).

6. JavaScript [Электронный ресурс]. URL: https://www.javascript.com (дата обращения: 12.11.2018).

7. Python [Электронный ресурс] URL: https://www.python.org (дата обращения: 12.11.2018).

8. JetBrains Developer Tools for Professionals and Teams [Электронный ресурс]. URL: http://www.jetbrains.com (дата обращения: 12.11.2018).

9. JFoenix [Электронный ресурс]. URL: http://jfoenix.com (дата обращения: 12.11.2018).

10. Google Material Design Making more with Material [Электронный ресурс]. URL: https://material.io/design/ (дата обращения: 12.11.2018).

11. ГОСТ Р 55544-2013/IEC/TR 80002-1:2009. Программное обеспечение медицинских изделий. Часть 1. Руководство по применению ИСО 14971 к программному обеспечению изделий. М.: Стандартинформ, 2014. 64 с.

12. Приказ Минздрава России от 11 ноября 2013 г. №18-1/1010 «Основные разделы электронной медицинской карты» [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru/document/420208194 (дата обращения: 12.11.2018).

УДК 669:620.193.2

ОСОБЕННОСТИ ДЕФОРМАЦИОННОЙ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТОК КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ СТАЛЕЙ МАРТЕНСИТНО-ФЕРРИТНОГО КЛАССА

Якимов Н.С., Муратов В.С.

ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Самара, e-mail: andrej.bakin2013@yandex.ru, muratov1956@mail.ru

Материал, представленный в статье, является обобщением результатов оценки качества продукции, выполненной на АО «Авиаагрегат» (г. Самара). Представлен анализ типичных дефектов, образующихся при изготовлении деталей из поковок и штамповок сталей мартенситно-ферритного класса. Проанализированы различные типы дефектов в штамповках и поковках, возникающие в процессе их деформации и термической обработки, а также причины их появления. Для выявления дефектов использованы неразрушающие методы контроля качества материала: магнитнопорошковый и радиографический методы. В статье представлен полный цикл термической обработки заготовок из стали 14Х17Н2 и достигаемый уровень механических свойств на разных этапах обработки. Проанализированы микроструктура мартенситно-ферритных коррозионностойких сталей и влияние количества δ-феррита на их технологические свойства при деформационном и тепловом воздействиях. С целью устранения дефектов деформационного происхождения рекомендовано обеспечивать более равномерную деформацию в объёме заготовки, предотвращающую локализацию напряжений и их недопустимый рост. Целесообразно использовать небольшие единичные обжатия, применять дополнительные подогревы деформируемой заготовки и др. Для предотвращения закалочных трещин предложено проводить закалку стали с охлаждением в масле с повышенной температуры – 1040–1050 °С или применять охлаждение на воздухе (при обеспечении достаточной прокаливаемости).

Ключевые слова: термическая обработка, штамповки, δ-феррит, дефекты, неразрушающий контроль

DEFORMATION AND THERMAL TREATMENTS FEATURES OF CORROSION-RESISTANT MARTENSITO-FERRITE STEELS

Yakimov N.S., Muratov V.S.

Samara State Technical University, Samara, e-mail: andrej.bakin2013@yandex.ru, muratov1956@mail.ru

Current article presents an evaluation generalisation of products quality made at JSC Aviaagregat (Samara). An analysis of typical defects formed during forging processes of martensitic-ferritic class steels is presented. Various types of defects in forgings and forgings arising in the process of their deformation and heat treatment were analyzed, as well as the reasons for their occurrence. Nondestructive methods of material quality control were used to detect defects: magnetic particle and radiographic methods. The article presents the full cycle of heat treatment of blanks from steel 14X17H2 and the achieved level of mechanical properties at different stages of processing. The microstructure of martensitic-ferritic stainless steels and the effect of the amount of δ-ferrite on their technological properties under deformation and thermal effects are analyzed. In order to eliminate defects of deformation origin, it is recommended to provide a more uniform deformation in the volume of the workpiece, preventing the localization of stresses and their unacceptable growth. It is advised to use small individual reductions, to apply additional heating of the deformable billet, etc. To prevent quenching cracks, it was proposed to quench the steel with cooling in oil from an elevated temperature – 1040–1050 °C or use air cooling (with sufficient hardenability).

Keywords: heat treatment, stamping, δ-ferrite, defects, non-destructive testing

Сталь 14Х17Н2 (ранее известная как ЭИ268) по ГОСТ 5632-72 «Стали высоколегированные и сплавы коррозионностойкие, жаростойкие и жаропрочные» мартенситно-ферритного класса, относится к группе коррозионностойких (нержавеющих) сталей и сплавов, обладающих стойкостью против электрохимической и химической коррозии (атмосферной, почвенной, щелочной, кислотной, солевой), межкристаллитной коррозии, коррозии под напряжением и т.д. После термической обработки по рациональным режимам обладает высокими прочностными и пластическими свойствами в сочетании с достаточно высокой ударной вязкостью.

Основным назначением стали 14Х17Н2 является изготовление рабочих лопаток, дисков, втулок и других крепёжных деталей, работающих в условиях невысоких температур. Наиболее широкое применение получила в химической, авиационной, судостроительной и других отраслях промышленности. Согласно ГОСТ 5632-72 в сталях данного класса предполагается присутствие в структуре после охлаждения на воздухе из высокотемпературного состояния кроме мартенсита не менее 10 % феррита.

Цель исследования: анализ причин появления и устранение дефектов в штамповках и поковках коррозионностойких сталей мартенситно-ферритного класса.

Материалы и методы исследования

Сталь 14Х17Н2 имеет химический состав, представленный в таблице.

При проведении исследований дефектов и структуры поковок и штамповок после деформирования и термической обработки использованы металлографический, магнитопорошковый и радиографический методы. Магнитопорошковый метод выполнялся на аппарате МДС-5 по требованиям ГОСТ 56512-2015 «Контроль неразрушающий. Магнитопорошковый метод», радиографический – на аппарате РАП150/300. Определялись характеристики механических свойств заготовок: твердости и прочности.

Результаты исследования и их обсуждение

При оценке технологичности стали 14Х17Н2 при изготовлении поковок и штамповок, а также последующей термической обработке изделий [1–3] требуется учитывать влияние наличия в структуре δ-феррита [4–6]. На рис. 1 приведен фрагмент диаграммы состояния системы Fe-C при содержании в ней 17% Cr. Хром приводит к расширению ферритной области на диаграмме состояния и при используемых температурах деформирования или нагрева под закалку (нормализацию) кроме аустенита в структуре стали присутствует феррит (принято идентифицировать как δ-феррит).

С одной стороны, имея низкую прочность, феррит, легко деформируясь, способен релаксировать часть напряжений, возникающих на различных этапах и операциях производства заготовок, за счет чего снижается величина временных и остаточных внутренних напряжений. Отсутствие в структуре стали ферритной составляющей затрудняет изготовление заготовок и изделий, особенно типа валов, из-за склонности их к образованию продольных (чаще всего осевых) трещин, возникающих вследствие значительных фазовых напряжений при превращении аустенита в мартенсит на стадии охлаждения с температуры деформирования или с температуры нагрева под операцию закалки (нормализации). Образование только мартенситной структуры может приводить к усиленному развитию межкристаллитных трещин, пористости и других нарушений сплошности заготовки.

С другой стороны, присутствие в структуре стали δ-феррита может ухудшать деформируемость стали при ковке и штамповке (за счет затруднений деформации двухфазной структуры), а также снижать пластичность и ударную вязкость полученных поковок в тангенциальном или поперечном направлениях, повышать анизотропию характеристик механических свойств. Согласно [7] наибольшая ударная вязкость после термической обработки (закалка и отпуск) имеет место у стали, не содержащей δ-феррита; ниже у сталей, содержащих δ-феррита более 40%, а наименьшая у сталей, содержащих δ-феррит в пределах 10–20%.

Химический состав стали 14Х17Н2 (ГОСТ 5632-72, массовая доля элементов, %)

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Ti	Cu
0,11–0,17	≤0,8	≤0,8	1,5–2,5	≤0,025	≤0,03	16–18	≤0,2	≤0,3

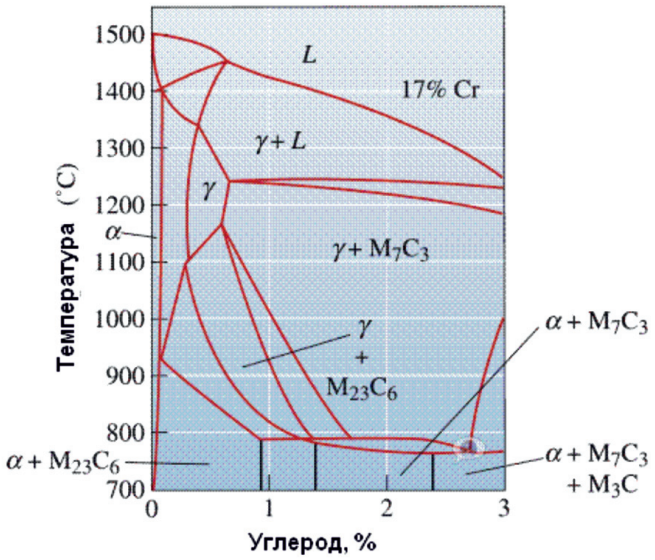
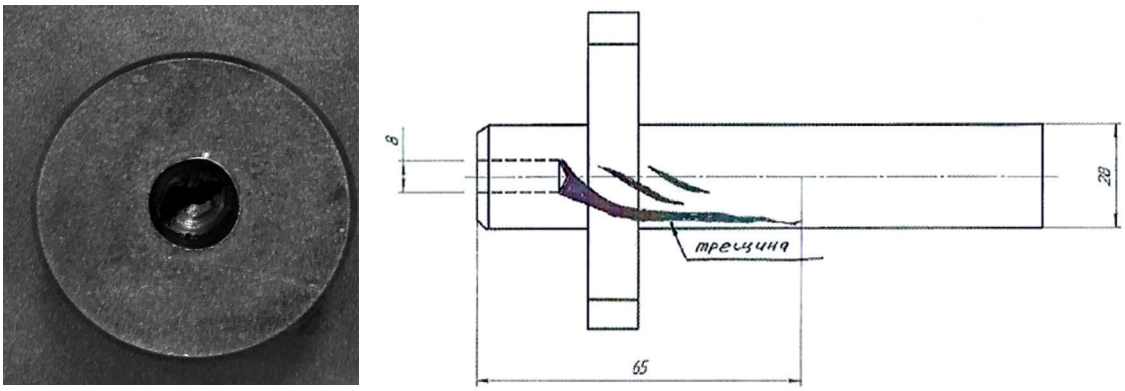


Рис. 1. Фрагмент диаграммы состояния системы Fe-C с 17% хрома



а) *б)*

Рис. 2. Внешний вид (а) и схема расположения закалочных трещин (б)

Получение штамповок из стали 14XI7H2 должно проводиться в соответствии с ГОСТ 1 90176-75 «Штамповки из коррозионностойких, жаростойких и жаропрочных сталей и сплавов. Общие технические условия». Реализуемый температурный интервал деформирования: температура начала штамповки – 1260 °С, температура окончания – 900 °С; рекомендуется сечения до 350 мм охлаждать на воздухе.

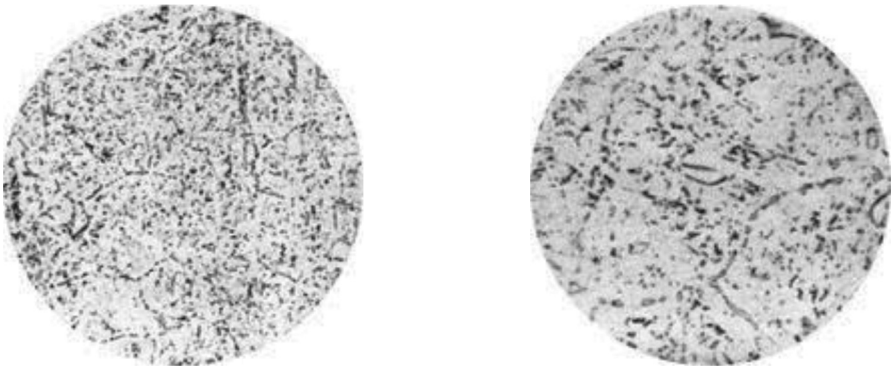
Возможные дефекты получаемых заготовок аналогичны известным [8] – ковочный крест, раскованное загрязнение, центральная пористость, заков. Их возникновение (при условии должного качества исходного материала) связано с превышением допустимых значений деформации сплава. Такое превышение может наступить в результате неравномерного нагрева под деформацию, нарушения температурных режимов и приемов деформирования. Для исключения появления деформационных дефектов в поковках и штамповках стали 14XI7H2 следует обеспечивать более равномерную деформацию в объёме заготовки, предотвращающую локализацию напряжений и их недопустимый рост. Целесообразно использовать небольшие единичные обжатия, применять дополнительные подогревы деформируемой заготовки и др.

Штамповки надлежащего качества в дальнейшем подвергаются токарной и фрезерной обработкам. Для обеспечения достаточной обрабатываемости резанием перед механической обработкой делается их отпуск по режиму: температура 690 ± 10 °С, время выдержки 150–180 мин, охлаждение на воздухе.

Окончательная упрочняющая термическая обработка изделий из стали 14X17H2 предполагает следующие операции и режимы их проведения. Нагрев под закалку 1030 ± 10 °С, время выдержки 60 мин, последующее охлаждение в масло. Отпуск при 640 ± 10 °С в течение 135 мин, охлаждение на воздухе. Термическое упрочнение должно обеспечить твердость HRC 23–32 и предел прочности 830–1030 МПа.

После проведения операции закалки по указанным режимам в заготовках весьма часто обнаруживаются дефекты – трещины. Внешний вид дефекта в изделии «фиксатор» приведен на рис. 2, а, а на рис. 2, б, показана схема расположения закалочных трещин. Для обнаружения трещин использовались также магнитопорошковый и радиографический методы. Радиографический метод позволил установить размеры закалочных трещин (рис. 3): длина – до 45 мм, ширина – до 8 мм.

Рис. 3. Рентгенограмма изделия «фиксатор»



а) *б)*

Рис. 4. Микроструктура стали 14Х17Н2 после окончательной термической обработки

На рис. 4 (а – ×500, б – ×1500) показана микроструктура стали 14Х17Н2 после полного цикла упрочняющей термической обработки.

Микроструктура представляет собой сорбит отпуска. Просматриваются участки структуры, где карбиды выявляют границы первичных аустенитных зерен. Имеются светлые области, представляющие собой образования δ-феррита.

Выполнен комплекс исследований, направленных на предотвращение появления закалочных трещин. При этом учитывались два момента:

– некоторое повышение температуры закалки позволит увеличить количество δ-феррита, что будет способствовать уменьшению закалочных напряжений за счет пластичности ферритной фазы;

– с целью уменьшения закалочных напряжений в исследуемой стали возможно замена охлаждения в масле при закалке на охлаждение на воздухе при условии выполнения требований по достигаемым свойствам.

Реализация первого подхода для заготовок «фиксатора» показала, что после закалки в масле с повышенных температур 1040–1050 °С структура стали представляет собой сочетание светлых и сильно травящихся, темных участков. Темные участки представляют собой мартенсит; светлые – δ-феррит. В структуре видно также небольшое количество карбидов как в теле зерна, так и на границах бывших зерен аустенита. Количество δ-феррита превышает на 15–20 % его количество после закалки с температуры 1030 °С. При этом закалочные трещины в заготовках отсутствовали. После полного цикла окончательной термической обработки сталь удовлетворяла требованиям по уровню твердости и предела прочности. Следует отметить, что повышение температуры закалки с коррекцией режимов отпуска рекомендовано и в работе [7] для повышения ударной вязкости стали.

При использовании охлаждения заготовки «фиксатора» с температуры 1030 °С на воздухе также удалось исключить появление трещин и обеспечить требуемый уровень свойств изделий. В работах [9, 10], в ряде случаев, рекомендовано использование нормализации при термической обработке стали 14Х17Н2.

Выводы

1. В коррозионностойких сталях мартенситно-ферритного класса присутствие в микроструктуре δ-феррита может улучшать технологичность при деформировании и закалочном охлаждении, снижая уровень временных и остаточных напряжений, за счет их релаксации при деформации участков пластичной фазы (δ-феррита).

2. Установлена опасность образования продольных (чаще всего осевых) трещин, возникающих при закалочном охлаждении в штамповках из стали 14Х17Н2.

3. Для предотвращения образования закалочных трещин, при сохранении требуемого уровня свойств, целесообразно проводить закалку стали с охлаждением в масле с повышенной температуры – 1040–1050 °С или применять охлаждение на воздухе (при достаточной прокаливаемости).

Список литературы

1. Бородулин Г.М., Мошкевич Е.И. Нержавеющая сталь. М.: Металлургия,1973. 320 с.

2. Ульянин Е.А**.** Коррозионные стали и сплавы: справочник. М.: Металлургия, 1980. 208 с.

3. Паршин А.М. Структура, прочность и пластичность нержавеющих сталей и сплавов, применяемых в судостроении. Л.: Судостроение, 1972. 288 с.

4. Лопухов Ю.И., Лахина М.А. Ультразвуковое поверхностное пластическое упрочнение стали 14Х17Н2 // Технические науки – от теории к практике: сб. ст. по матер. XLV междунар. научн.-практ. конф. Новосибирск: СибАК, 2015. № 4 (41). С. 51–59.

5. Малов В.С., Васильев В.А. Влияние химического состава, технологических параметров ковки на структуру и механические свойства стали 14Х17Н2 // Металловедение и термическая обработка металлов. 2012. № 9. С. 2–5.

6. Власов В.А., Пачурин Г.В. Влияние предварительной деформации на структуруные изменения при усталости нержавеющих сталей 20Х13 и 14Х17Н2 // Современные наукоемкие технологии. 2010. № 1. С. 88–89.

7. Пат. 2508410 Российская Федерация, МПК C21D6/02, C21D9/30. Способ термической обработки деформируемой коррозионно-стойкой стали 17Х17Н2 / Васильев В.А., Малов В.С.; заявитель и патентообладатель Нижегородский гос. техн. университет. № 2012150226/02; заявл. 23.11.12; опубл. 27.02.14. Бюл. № 6. 5 с.

8. Маслов В.С., Васильев В.А. Исследование дефектов кованых заготовок из стали 14Х17Н2 // Металлургия и материаловедение. Труды Нижегородского госуд. техн. университета им. Р.Е. Алексеева. Изд-во НГТУ. 2013. № 1 (98). С. 229–235.

9. Буренок З.О. Исследование режима термической обработки жаропрочной, коррозионностойкой стали 14Х17Н2 // Труды Международной научно-технической конференции «Современные направления фундаментальных и прикладных исследований». 18–30 марта 2014 г. [Электронный ресурс]. URL: http: // www. sworld. com.ua (дата обращения: 23.11.2018).

10. ГОСТ7350-77. Сталь толстолистовая коррозионностойкая, жаростойкая и жаропрочная. Технические условия. М.: ИПК Издательство стандартов, 2013.

УДК 621.7-5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ РЕЖУЩИХ АБРАЗИВНЫХ ЗЕРЕН С ПОВЕРХНОСТЬЮ ДЕТАЛИ

Яшков В.А.

Муромский институт (филиал) федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых», Муром, e-mail: zirjd@mail.ru

Одним из прогрессивных инструментов и способов финишной обработки отверстий является шлифование в проточной емкости с СОТС (смазочно-охлаждающим технологическим средством) сборным шлифовальным кругом с радиально подвижными абразивными сегментами. Особенностью данного способа внутреннего шлифования является соосная схема расположения инструмента и обрабатываемой заготовки с организацией проточной емкости для СОТС. Центробежная сила во время работы инструмента прижимает сегменты к заготовке и разгоняет СОТС, обеспечивая эффективное охлаждение обрабатываемой поверхности. Отличительной особенностью данного способа шлифования является возможность на одной операции соблюдать принцип единства баз и проводить как черновую, так и чистовую обработку без переустановки заготовки. Работа абразивных зерен при такой схеме обработки отличается от традиционного способа шлифования. Определение вида внутреннего шлифования (черновое, получистовое или чистовое шлифование) возможно при использовании методики и критерия, предложенного И.В. Крагельским. Она основана на анализе взаимодействия единичного зерна абразивного материала сборного шлифовального круга с поверхностью обрабатываемой заготовки и позволяет определить переход режимов его работы от деформации обрабатываемого материала к микрорезанию. На режим работы абразивного зерна влияют технологические параметры шлифования (частота вращения шлифовального инструмента) и конструктивные параметры инструмента (рабочая площадь абразивного сегмента, его масса и марка применённого абразивного материала). На основе полученных результатов вырабатываются конструкторско-технологические рекомендации по использованию сборного шлифовального круга.

Ключевые слова: шлифование, сборный шлифовальный круг, абразивное зерно, критерий И.В. Крагельского, микрорезание, смазочно-охлаждающие технологические средства

MODEL OPERATION OF INTERACTION OF THE CUTTING ABRASIVE GRAINS WITH A DETAIL SURFACE

Yashkov V.A.

Murom Institute (branch) Federal state budgetary Educational Institution of Higher Education «Vladimir State University named after Alexander Grigoryevich and Nickolay Grigoryevich Stoletovs», Murom, e-mail: zirjd@mail.ru

One of progressive tools and ways of finishing processing of openings is grinding in flowing capacity with LCTM (lubricating cooling technological means) a combined abrasive with radially relative frame abrasive segments. Feature of this way of internal grinding is the coaxial scheme of an arrangement of the tool and the processed preparation with the organization of flowing capacity for LCTM. A centrifugal force in operating time of the tool presses segments to preparation and disperses LCTM providing efficient cooling of the processed surface. Distinctiveness of this way of grinding is an opportunity on one operation to keep the principle of unity of bases and to carry out both draft, and smoothing without preparation reinstallation. Work of abrasive grains at such scheme of processing differs from a traditional way of grinding. Definition of a type of internal grinding (draft, semi-fair or fair grinding) perhaps using a technique and criterion offered by I.V. Kragelsky. It is based on the analysis of interaction of simple grain of abrasive of a combined abrasive with the surface of the processed preparation and allows to define transition of the modes of its work from deformation of the processed material to microcutting. The duty of abrasive grain is influenced by technological parameters of grinding (a rotation frequency of the grinding tool) and design data of the tool (working area of an abrasive segment, its weight and brand of the applied abrasive). On the basis of the received results design-technology recommendations about use of a combined abrasive are developed.

Keywords: grinding, combined abrasive, abrasive grain, I.V. Kragelsky's criterion, microcutting, the lubricating cooling technological tools

В различных машинах, выпускаемых российскими предприятиями, применяют большое количество деталей с внутренними цилиндрическими отверстиями, к рабочим поверхностям которых предъявляют значительные требования, зависящие от их служебного назначения [1]. Работа по повышению эффективности производства, обеспечению качества выпускаемой продукции за счет использования отечественных методов обработки и инструмента является актуальной и практически значимой для современного российского производства [2].

Анализ научных исследований, посвященных операции внутреннего шлифования, выявил, что рост производительности может быть осуществлен при увеличении площади взаимодействия абразивной поверхности круга с обрабатываемой деталью и продолжительности шлифования. При

этом обязательным условием обеспечения требований к качеству обработанных поверхностей является создание условий подачи СОТС в зону контакта абразивных зерен с поверхностью заготовки. Описанным выше требованиям соответствует способ внутреннего шлифования сборным абразивным кругом с радиально подвижными сегментами (САКсРПС) [3].

Для обеспечения гарантированной подачи СОТС в зону резания с помощью крышек монтируемых на обрабатываемой детали организуется проточная емкость. Инструмент устанавливается соосно обрабатываемой заготовке. СОТС подается по патрубку, проходящему сквозь отверстие в левой крышке, и сливается через большее отверстие в правой крышке емкости. Вращение инструмента создает высокое давление СОТС на поверхности заготовки, что гарантирует эффективное охлаждение и, как следствие, обеспечение требований к качеству обработанной поверхности. Во время работы САКсРПС все установленные в инструменте абразивные сегменты находятся в контакте с заготовкой, что обеспечивает увеличение площади контакта по сравнению с традиционным способом внутреннего шлифования [4].

Отличительной особенностью данного способа шлифования с применением соосно расположенного сборного шлифовального круга является возможность в одной операции проводить как черновую, так и чистовую обработку. В работах И.Р. Блурцяна [5], Д.Р. Блурцяна и Ю.В. Трифоновой [6] рассматривалась проблематика применения центробежного шлифования сборным абразивным кругом. Однако в этих научных трудах не рассмотрен механизм взаимодействия абразивных сегментов с обрабатываемой поверхностью, который определяет режим работы сборного инструмента (черновое или чистовое шлифование).

Экспериментальное изучение эксплуатационных показателей абразивных инструментов различных видов и характеристик, а также обобщение опыта их практического применения позволяют достаточно точно производить выбор абразивного материала для той или другой операции абразивной обработки.

Выбор абразивного материала для конкретной операции шлифования зависит от ряда факторов: марки материала (его твердости и физико-механических показателей обрабатываемой поверхности); вида операции внутреннего шлифования (чернового, получистового или финишного); радиального усилия, прилагаемого абразивным компонентом на обрабатываемую поверхность.

Взаимодействие абразивных зерен шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью при традиционном способе шлифования было рассмотрено в научных трудах Л.В. Худобина [7]. В данном случаи глубина внедрения зерна в обрабатываемую поверхность заранее известна, так как задается поперечной подачей шлифовального круга. Абразивное зерно постепенно погружается в материал заготовки, переходит от царапанья к резанию и обратно при выходе из материала детали [8].

Взаимодействие абразивных зерен с обрабатываемой поверхностью при центробежном методе шлифования [9] отличается от традиционного способа. При внутреннем шлифовании сборным абразивным кругом, радиально подвижные абразивные сегменты, установленные в корпусе круга, свободно перемещаются в радиальном направлении и центробежной силой прижимаются к обрабатываемой поверхности, вдавливаясь в нее, рис. 1. Зная зависимость параметров шлифовального круга (материала абразивного сегмента, его массу и размеры поверхности) и технологические параметры операции шлифования (частоту вращения круга), можно регулировать вид шлифования (черновая или чистовая обработка).

Материалы и методы исследования

Моделирование взаимодействия режущих зерен с поверхностью детали проведем, используя методику И.В. Крагельского [9], определяемую следующей формулой:

$$a_z/\rho = 1/2\left(1-\frac{2\tau}{\sigma_T}\right), \quad (1)$$

где a_z – глубина проникновения абразивного зерна в обрабатываемый материал (мкм);

ρ – радиус абразивного зерна зависящий от зернистости абразивного материала (мкм);

τ – тангенциальная прочность обрабатываемого материала (МПа);

σ_T – предел текучести обрабатываемого материала (МПа).

Отношение (a_z/ρ) – характеризует геометрию контактного взаимодействия, а отношение (τ/σ_T) – физико-механическую характеристику обрабатываемого материала.

При установившемся движении абразивного зерна по поверхности заготовки, согласно классификации И.В. Крагельского [9], после достижения контактными напряжениями разрушающих значений абразивные зерна не только деформируют обрабатываемый материал, но и переходят в процесс резания.

Одним из элементов в критерии И.В. Крагельского [9] является глубина внедрения абразивного зерна в металл заготовки, зависящая от радиальной силы резания P_y.

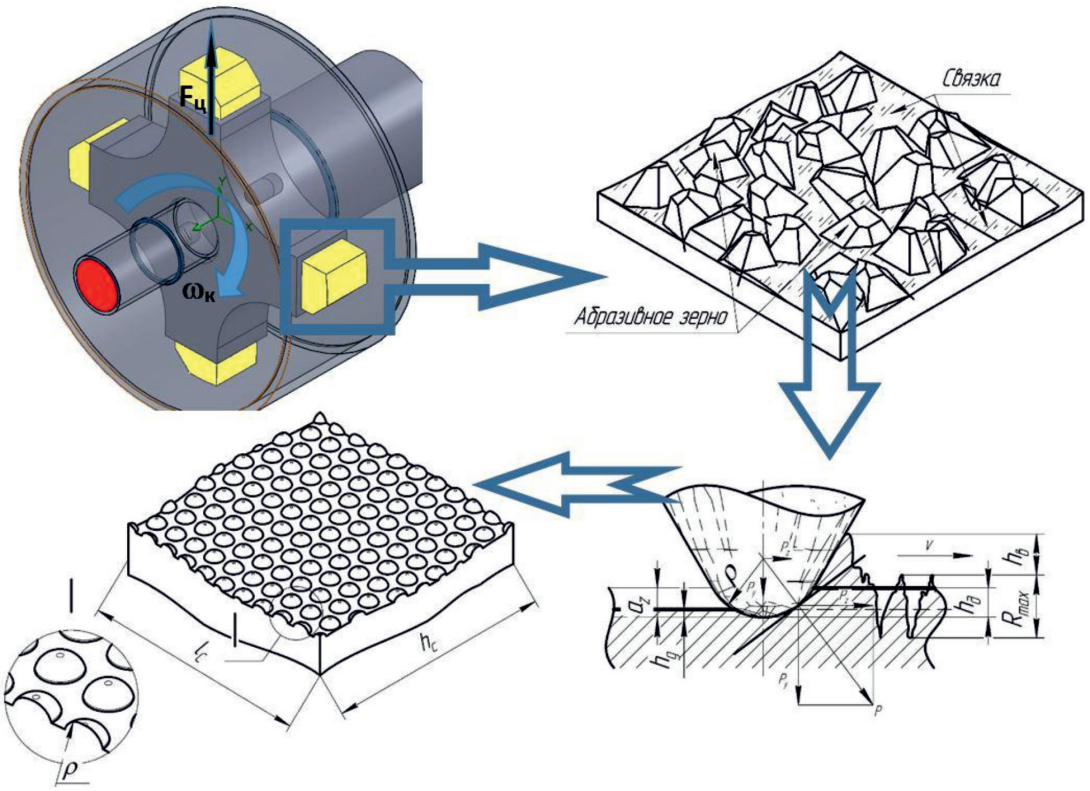


Рис. 1. Схема центробежного шлифования с характеристиками для определения критерия И.В. Крагельского

Для определения глубины внедрения абразивного зерна в материал детали воспользуемся уравнением (2), представленным в работе В.К. Старкова [10] определяющим зависимость радиальной силы резания P_y при абразивной обработке от глубины внедрения индентора:

$$P_y = \pi\rho a_z c\sigma_т \left(\varepsilon_y, \varepsilon'_y\right), \qquad (2)$$

где $c_{\varepsilon'_y}$ коэффициент формы ($c \approx 2{,}8$);
ε_y и ε'_y – степень и скорость деформации.

Реальная рабочая поверхность абразивного сегмента представляет собой некоторое количество абразивных зерен, скрепленных между собой связкой (рис. 1). Абразивные зерна расположены хаотично с разновысотной ориентацией. В работах В.К. Старкова [10] абразивные зерна представлены в виде сферических инденторов с радиусом ρ, равным средним размерам абразивного зерна определенной зернистости (рис. 1). Основываясь на данной методике, смоделируем рабочую поверхность абразивного сегмента в виде хаотично расположенных полусфер (рис. 1).

Исходя из вышесказанного, глубину внедрения абразивного зерна в материал заготовки при внутреннем шлифовании сборным абразивным кругом определим из следующего выражения:

$$a = \frac{P_y}{\pi\rho c\sigma_т\varepsilon}. \qquad (3)$$

Сила P_y, действующая на абразивное зерно, формируется из центробежной силы всего сегмента и ряда допущений:

1) абразивные зерна имеют сферическую форму;
2) они расположены на одной высоте из-за приработки поверхности сегмента во время шлифования заготовки;
3) имеют одинаковое расстояние между ними при равномерном распределении абразивной фракции в теле связки.

По данным Н.Н. Зорева [11] стабилизация сопротивления сдвигу начинается при относительном сдвиге от 2,5. При обработке пластических материалов он колеблется в пределах 2–10.

Скорости деформации при шлифовании находятся в пределах $\varepsilon^0 = 10^5 - 10^6$ с$^{-1}$. Но при оценке процесса резания шлифовальным зерном необходимо учитывать физико-механические свойства поверхностей обрабатываемых заготовок в процессе ударной деформации и после нее. Переход от упругой деформации к пластической зависит от скорости нагружения и приводит к динамическому упрочнению металла. Чем больше скорость процесса, тем меньше время протекания пластической деформации и выше напряжение, при котором она происходит. При увеличении скорости удара до 7,8 м/с происходит интенсивный рост динамического предела прочности стальных деталей, а при увеличении скорости до 61 м/с предел прочности изменяется незначительно. При различных видах нагружения обрабатываемой поверхности (статической или динамической) проявляются различные свойства обрабатываемого материала [12], такие как упругая, пластическая или упругопластическая деформация. Наиболее точной характеристикой динамического процесса взаимодействия абразивного зер-

на и обрабатываемой поверхности является скорость, с которой протекает процесс деформации, зависящий от скорости соприкосновения. Во время удара абразивного зерна с металлом значительно повышаются пределы текучести и прочности, а предел упругости остается прежним. Описанные в научном труде Н.Н. Зорева [11] результаты экспериментальных исследований влияния скорости нагружения на предел текучести (по сравнению с пределом текучести при статическом нагружении): для АРМКО-железа увеличение скорости деформации приводит к увеличению предел текучести в 3,4 раза; для стали 45 в 2,8 раза; для стали Ст3 в 3 раза. Применение различных видов термообработки углеродистых сталей увеличивает предел прочности на 43%; у сложнолегированных сталей и сталей ШХ15 предел прочности снижается на 6%, а для легированных сталей увеличение предела прочности не наблюдалось.

Для определения количества абразивных зерен Z_a, расположенных на поверхности сегмента, с учетом площади, приходящейся на связку и поры, необходимо поделить его площадь на площадь окружностей, занимаемых абразивными зернами. В качестве допущения примем площадь абразивных зерен равной площади с радиусом окружности зерна ρ. С учетом принятых допущений число зерен, на поверхности сегмента определяется по следующей формуле:

$$Z_a = \frac{h_c \cdot l_c \cdot C}{\pi\rho^2 \cdot 100}, \quad (4)$$

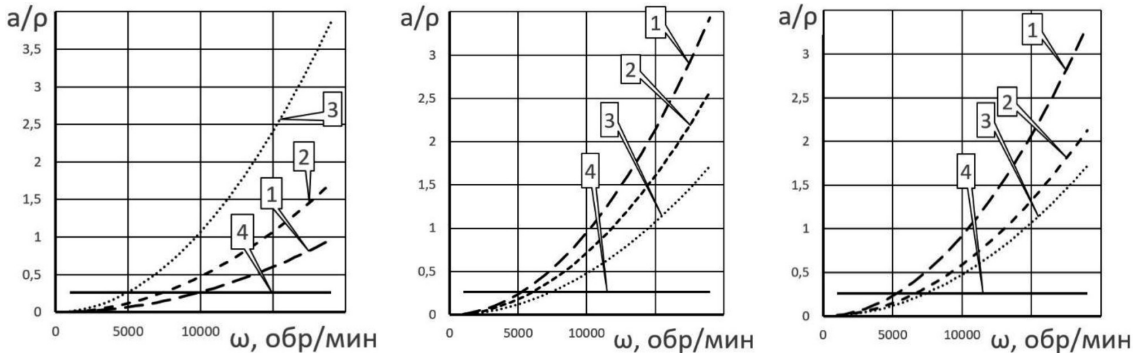
где h_c, l_c – длина и ширина абразивного сегмента (мм); C – содержание абразивных зерен в процентах (%).

Процент содержания абразивных зерен на поверхности сегмента зависит от номера структуры шлифовального материала от 0 до 20, при этом концентрация зерен изменяется от 62 до 22%. При увеличении структуры на один номер содержание зерен уменьшается на 2% [13].

Результаты исследования и их обсуждение

Оценку приведенной методики проведем на примере шлифования детали из стали 30ХГСА сборным шлифовальным кругом. На рис. 2 изображены диаграммы, позволяющие оценить влияние конструкторских факторов (площади рабочей поверхности абразивного сегмента его массы и структуры) на критерий И.В. Крагельского, определяющего вид шлифования (черновое, получистовое или чистовое) в зависимости от технологического фактора частоты вращения инструмента.

На рис. 2 приведены следующие диаграммы: а – взаимосвязь критерия И.В. Крагельского от частоты вращения круга и массы абразивного сегмента (линия 1 – сегменты с массой 10 г; линия 2 – сегменты с массой 15 г; линия 3 – сегменты с массой 20 г); б – взаимосвязь критерия И.В. Крагельского от частоты вращения круга и площади абразивного сегмента (линия 1 – сегмент с площадью $4 \cdot 10^{-4}$ м^2; линия 2 – сегмент с площадью $2{,}25 \cdot 10^{-4}$ м^2; линия 3 – сегмент с площадью $1 \cdot 10^{-4}$ м^2); в – взаимосвязь критерия И.В. Крагельского от частоты вращения круга и структуры абразивного сегмента (линия 1 – сегмент со структурой № 0; линия 2 – сегмент со структурой № 10; линия 3 – сегмент со структурой № 20). На всех диаграммах линия 4 характеризует переход от деформации к микрорезанию, которое начинается выше неё.



а) *б)* *в)*

Рис. 2. Зависимость значения критерия И.В. Крагельского от частоты вращения сборного шлифовального круга

Результаты проведенных расчетов позволяют оценить влияние конструктивных параметров сборного шлифовального инструмента (массы абразивного сегмента его размеры и материал) на вид шлифования (черновое, получистовое или чистовое шлифование).

Выводы

Предложенные диаграммы, построенные с использованием критерия И.В. Кра-

гельского, позволяют при проектировании и эксплуатации сборного абразивного круга с радиально подвижными сегментами в проточной емкости с СОТС определять и регулировать режимы его работы, добиваясь максимальной производительности при обеспечении качества шлифованных поверхностей не только по геометрическим, но и по физико-механическим параметрам.

Список литературы

1. Яшков В.А., Гречишников В.А., Албагачиев А.Ю., Исаев А.В., Пивкин П.М., Романов В.Б. Модернизация сборного абразивного круга с радиально-подвижными сегментами для внутреннего шлифования полых деталей роботов // Вестник МГТУ Станкин. 2015. № 4 (35). С. 8–14.

2. Яшков В.А., Силин Л.В. Технология внутреннего шлифования без тепловых эффектов // СТИН. 2012. № 3. С. 22–25.

3. А.С РФ № 2182531. МПК B24B1/00 Способ внутреннего шлифования / Д.Р. Блурцян. Б.И., 2000.

4. Яшков В.А., Гречишников В.А. Модернизация сборного абразивного круга с радиально подвижными абразивными сегментами для внутреннего шлифования // Безопасность и проектирование конструкций в машиностроении: сборник научных трудов Международной научно-технической конференции / Отв. ред.: М.С. Разумов. 2015. С. 140–144.

5. Блурцян Д.Р., Блурцян Р.Ш., Блурцян И.Р. Исследование закономерностей формирования погрешностей формы, шероховатости и волнистости при врезном бесцентровом шлифовании цапф крестовин карданных валов в зависимости от скорости вращения ведущих кругов // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2012. № 1 (11). С. 47–50.

6. Блурцян Д.Р., Блурцян Р.Ш., Блурцян И.Р. Исследование остаточных внутренних напряжений в поверхностных слоях крестовин при бесцентровом шлифовании // Машиностроение и безопасность жизнедеятельности. 2011. № 3 (10). С. 34–38.

7. Худобин Л.В., Булыжев Е.М. Технологии техника применения смазочно-охлаждающих жидкостей при механической обработке. Ульяновск: УГТУ, 2013. 232 с.

8. Яшков В.А., Силин Л.В. Обеспечение качества поверхности при внутреннем шлифовании // Вестник Пермского национального исследовательского политехнического университета. Машиностроение, материаловедение. 2011. Т. 13. № 2. С. 62–71.

9. Крагельский И.В. Трение и износ. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Изд-во «Машиностроение», 1968. 480 с.

10. Старков В.К. Рябцев С.А., Горин Н.А. Технико-экономическое обоснование выбора количества проходов при глубинном шлифовании // Вестник МГТУ Станкин. 2011. № 1 (13). С. 38–42.

11. Зорев Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. М.: Машиностроение, 1982. 320 с.

12. Григорьев С.Н., Гречишников В.А., Маслов А.Р., Схиртладзе А.Г. Современные инструментальные материалы: учебное пособие. М., 2011. 104 с.

13. Ушаков Д.С., Гончаров Е.В., Морозова Л.К. Повышение эффективности процесса шлифования путем моделирования рабочей поверхности абразивного инструмента // Научно-методический электронный журнал «КОНЦЕПТ». Киров, 2017. № 4. С. 19–25. URL: http://e-koncept.ru/2017/170075.htm. DOI: 10.24422/MCITO.2017.4.5782 (дата обращения: 10.10.2018).

УДК 37.011

БЕЗОПАСНЫЙ ОБРАЗ ЖИЗНИ: ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ КОНТЕКСТ

Акимова Л.А.

Оренбургский государственный педагогический университет, Оренбург, e-mail: lubovakimova@yandex.ru

Педагогическое осмысление безопасного образа жизни осуществлено на основе анализа, синтеза и обобщения междисциплинарных представлений о безопасности. Феномен безопасности возникает в процессе взаимодействия человека с объектами окружающего мира (потенциальными источниками опасности). Для человека всегда существует угроза, представляющая собой особое состояние его отношений с внешней средой. Понятие безопасного образа жизни производно от понятия здорового образа жизни. Связь здоровья и безопасности сопряжена с экспериментальными работами по изучению факторов риска жизни и здоровью человека, его защитных механизмов в русле жизнеспособности, устойчивого развития. Безопасный образ жизни в онтологическом плане мы определяем многоуровневой саморазвивающейся системой гармоничных связей и отношений между людьми. Обращение к ресурсам социогуманитарного знания и законам формальной логики позволяет говорить о безопасном образе жизни человека как особом способе его существования на основе самообразования, обеспечивающие минимизацию рисков, опасностей и угроз индивидуальному и общественному развитию в контексте собственных ресурсов, социальных, культурных норм и условий окружающей среды. Педагогический контекст осмысления безопасного образа жизни отражает необходимость образования обучающегося как субъекта безопасности; профессиональной подготовки будущего учителя к реализации сберегающей, развивающей и созидающей функций образования.

Ключевые слова: безопасность, безопасный образ жизни, образование

SAFE LIFE: THE PEDAGOGICAL CONTEXT

Akimova L.A.

Orenburg State Pedagogical University, Orenburg, e-mail: lubovakimova@yandex.ru

The pedagogical understanding of a safe way of life is carried out on the basis of the analysis, synthesis and generalization of interdisciplinary concepts of safety. The phenomenon of security arises in the process of human interaction with the objects of the world (potential sources of danger). For a person there is always a threat, which is a special state of its relations with the environment. The concept of a safe lifestyle is derived from the concept of a healthy lifestyle. The link between health and safety is associated with experimental work on the study of risk factors for human life and health, its protective mechanisms in the direction of viability, sustainable development. Safe way of life in ontological terms, we define a multi-level self-developing system of harmonious relationships and relationships between people. Turning to the resources of socio-humanitarian knowledge and the laws of formal logic allows us to talk about a safe way of life as a special way of its existence on the basis of self-education, ensuring the minimization of risks, dangers and threats to individual and social development in the context of their own resources, social, cultural norms and environmental conditions. The pedagogical context of understanding the safe way of life reflects the need for education of the student as a subject of security; professional training of the future teacher to implement the saving, developing and creative functions of education.

Keywords: safety, safe way of life, education

Термин «безопасный образ жизни» сочетает внутреннюю связь и одновременную противоречивость субъективного восприятия формы безопасности как «заботы о других» и ее объектного содержания как «заботы о себе», развивающихся в двух взаимосвязанных направлениях педагогических исследований: педагогике здоровья и педагогике безопасности, соотнесенных с двумя устоявшимися парадигмальными формами безопасности: самоутверждения и защищенности. Уточним, в педагогических исследованиях все, что связано с безопасностью, как правило, исследуется в традиции «защищенности» – охраны объекта, оперативных мер обеспечения безопасности, а проблема самосохранения как превентивной меры безопасности в большей части связана с формированием здорового образа жизни и культуры здоровья человека.

Цель исследования: уточнение термина «безопасный образ жизни».

Материалы и методы исследования: в педагогическом осмыслении безопасного образа жизни использовались методы междисциплинарного анализа, синтеза и обобщения.

Результаты исследования и их обсуждение: уточнение термина «безопасный образ жизни» как объект педагогической рефлексии.

Обращение к междисциплинарному осмыслению безопасности развивает представления о ней как о явлении субъектной детерминации (безотносительно к масштабу субъекта); онтология безопасности производна от представлений о субъекте и его взаимосвязи с окружающим миром.

В русском языке негативистская лексическая конструкция безопасности (как

отсутствия опасности) лишает ее положительных значений, смысла. В российской действительности безопасность традиционно реализуется в форме «заботы о других» с позиции «защищенности», оперативных действий для борьбы с угрозами (опасностями). Отметим, что позиция «защищенности» характерна для закрытых систем, позитивна в сохранении целостности за счет внутренних ресурсов развития. Именно поэтому традиционно обеспечение безопасности в отечественном образовании реализуется опосредованно, связано с ориентацией педагогических исследований на формирование здорового образа жизни, культуру здоровья обучающихся и учителя, составляющих внутреннее содержание безопасности как «заботы о себе».

Форма безопасности с позиции защищенности представлена в нормативной основе отечественной системы образования, в требованиях к образовательным результатам основных профессиональных образовательных программ высшего образования. Общекультурная компетенция безопасности жизнедеятельности (ОК-11 – ФГОС ВПО; ОК-9 – ФГОС ВО Педагогическое образование) традиционно предполагает «заботу о других» – готовность будущего учителя к оперативным мерам обеспечения общественной безопасности в овладении приемами оказания первой помощи, методами защиты от возможных последствий аварий, катастроф, стихийных бедствий в условиях чрезвычайных ситуаций. Однако готовность будущего учителя к превентивным мерам возникновения опасных и чрезвычайных ситуаций (содержание безопасности) нормативно не определена как образовательный результат высшего педагогического образования, составляет его внутреннее (метапредметное) основание.

Европейские лексические единицы позволяют описывать безопасность как положительное состояние, соотносящееся с субъективными ощущениями живого объекта (человека, народа, нации, мирового сообщества) [1]. Положительные значения безопасности в западной культуре рефлексированы политическим сознанием и распространены по всему миру, включая Россию. Но поскольку термин заимствован из иной социокультурной среды, аутентичного перевода с него не произошло ввиду отсутствия точных лексических эквивалентов и естественного процесса культурной адаптации. В западной культуре безопасность традиционно реализуется в форме «заботы о себе» с позиции самоутверждения, превентивных мер ее обеспечения, что исторически предопределено выживанием в отсутствии непосредственных опасностей для государственной и территориальной целостности.

Общей проблемой в русле безопасности для всех стран выступает поиск универсального способа ее обеспечения. Несмотря на различие традиционных представлений о безопасности и социальных практик ее обеспечения в разных культурах, в глобальной современной социокультурной ситуации проявляются тенденции ее движения к интегративной форме реализации, для которой характерна общность национальных интересов. Меры по обеспечению безопасности и в России, и в США, несмотря на разнообразие и различие интересов, в пределе общего благополучия (структурной целостности, функциональной дееспособности) направлены на устойчивое развитие.

В интегративной форме безопасность осознается как коллективно добываемое благо («спасение утопающих – дело рук самих утопающих»), предполагающее и заботу о себе, и заботу о другом (как моментов развития понятия безопасности).

Безопасность как явление политической рефлексии выступает объектом философского осмысления. Тройственность моментов развития понятия «безопасность» к настоящему времени отражена:

– в двух парадигмальных формах существования: защищенности и самоутверждения [2]; третья (интегративная) находится в стадии становления;

– в трех основных подходах к исследованию (и практическому решению) проблем безопасности: натуралистическом, деятельностном и интегративном [3].

Анализируя взгляды ученых на безопасность, приходим к выводу о том, что безопасность не может быть состоянием или характеристикой объекта или субъекта, допускаем, что понятие «состояние» можно использовать в определении безопасности применительно к отношениям субъекта с окружающей средой. Полагаем, что безопасность в онтологическом плане можно определить как особое состояние субъект-объектных отношений, отражающее ситуацию (сочетание условий и обстоятельств, создающих определённую обстановку, положение), при которой субъект оценивает возможность причинения вреда объекту (результата воздействия, повлекшего нежелательные и (или) неблагоприятные последствия для объекта воздействия) как несущественную.

Идея безопасности как культурного концепта имманентно связана с идеальным образом действия (Ю.В. Фетисова). Понятие «безопасность» соотнесено с сохранением

Целостности – созданием благоприятных внешних условий, отражающих ситуацию (сочетание условий и обстоятельств, создающих определённую обстановку, положение), при которой не реализуются (или минимизируются) возможности причинения вреда объекту (нежелательные и (или) неблагоприятные для него последствия воздействий). То есть существенным признаком безопасности выступает детерминация образа взаимодействующих субъектов, активность которых в отношении друг друга способствует взаимосохранению и соразвитию.

Субъектная детерминация безопасности предопределила требования к образовательным результатам общего и высшего образования в контексте культуры и образа жизни. Термин «безопасный образ жизни» введен в Федеральные государственные образовательные стандарты, но его понятийное содержание не определено. Понятие безопасного образа жизни в отечественной педагогике и образовательной практике находится в процессе становления.

Термин «безопасный образ жизни» сочетает в себе внутреннюю связь и одновременную противоречивость субъективного восприятия формы безопасности как «заботы о других» и ее объектного содержания как «заботы о себе». Нерефлексируемая связь «здоровье – безопасность» предопределяет односторонний подход к обеспечению безопасности как к целостному явлению. Связь здоровья и безопасности исходит из природной определенности бытия человека: здоровье отражает целостность его развития, а безопасность – свойство его отношений с окружающей средой, обеспечивающее здоровье.

Обеспечение безопасности, как особый вид человеческой деятельности, отражает активность субъекта деятельности по минимизации опасностей и угроз индивидуальному и общественному развитию (С.В. Белов, Ю.Г. Сапронов и др.) [4, 5]. Особо подчеркнем, что субъект безопасности обеспечивает безопасность объекта, следовательно, если рассматривать в качестве субъекта безопасности человека, то обеспечение безопасности относится к его деятельности и в отношении объектов окружающей среды (в том числе других людей), и в отношении самого себя. Связь здоровья и безопасности в русле саморазвития утверждает «консенсусно-консолидирующие», «консенсусно-ко-эволюционные» многоуровневые отношения, диалог человека с системами, в которые он включен, как особый (устойчивый) способ его бытия, связанный с благосостоянием общества и общезначимыми ценностями, неотделимыми от ценностей личности в открытом мире.

Связь здоровья и безопасности – социогуманитарная, отражает гармонию отношений единичного и общего (индивидуальное здоровье, безопасность и жизнеспособность человека – общественное здоровье, безопасность и жизнеспособность общества, государства); определяет общее свойство Целого – жизнеспособность [6]. Понятие «жизнеспособность» употребляется для обозначения способности человека: успешно функционировать и гармонично развиваться (Н.П. Гурьянова) [7]; преодолевать кризисные и экстремальные ситуации, ухудшения здоровья и личностного развития (Э.Ф. Зеер)) [8]; социально адаптироваться и осуществлять саморегуляцию (А.В. Махнач) [9]; использовать конструктивные стратегии поведения в трудных жизненных ситуациях (А.А. Нестерова) [10] сохранять свою целостность (Е.А. Рыльская) [11]. Признак, объединяющий понятия «жизнь» и «образ» – форма: активная форма существования материи (жизнь); форма отражения, предметная форма (образ).

Полагаем, что безопасный образ жизни – понятие производное от здорового образа жизни, отражает этику средств проявляемой активности субъекта в достижении цели, реализации образа должного. Понятию безопасного образа жизни близки концепции здорового образа жизни, отражающие способы его осуществления. Здоровый образ жизни в педагогических исследованиях отражает этику цели проявляемой активности субъекта в освоении социокультурных норм взаимодействия, наделенного персональной ответственностью за сохранение здоровья [12, 13]. Образ человека с позиции нездоровья характеризуется непринятием системы ценностей конкретной культурно-исторической общности [14, 15]. Однако в них обеспечение безопасности крайне сужено, сведено в большей части к медико-биологическому, физкультурно-оздоровительному, гигиеническому аспектам, не раскрывает всей полноты риск-упреждающей жизни и деятельности, основывается на представлениях о здоровье, как о личностном ресурсе саморазвития, ценностном отношении к его сохранению и развитию, но не к безопасности, как устойчивому способу бытия.

В понимании безопасного образа жизни мы исходим из рефлексии здорового образа жизни, осуществленной нами с учетом метасистемного уровня его изучения, в общей логике саморазвития человека в соразвитии с системой, в которую он включен, во всесторонности и гармоничном взаимо-

действии объективного и субъективного бытия, в установлении «горизонтальных» и «вертикальных» связей и отношений человека с окружающей средой.

Безопасный образ жизни в онтологическом плане мы определяем многоуровневой саморазвивающейся системой гармоничных связей и отношений между людьми, обеспечивающей коэволюционное развитие единства общества и активного социального субъекта, в котором субъекты сохраняются и развиваются в сохранении и со-развитии с социальным целым, в мета-пространстве субъектного взаимодействия, «общем поле» деятельности, смыслообразования, со-регуляции и со-развития. В основе безопасного образа жизни – преодоление противоречий единичного и общего (причины) посредством особого типа культуры, обеспечивающего и отражающего ее качественное состояние, сформированность основных характеристик в процессе индивидуального культурогенеза.

Обращение к ресурсам социогуманитарного знания и законам формальной логики позволяет говорить о безопасном образе жизни человека как особом способе его существования, обеспечивающем жизнеспособность на основе минимизации рисков, опасностей и угроз индивидуальному и общественному развитию в контексте собственных ресурсов, социальных, культурных норм и условий окружающей среды.

Педагогическое осмысление безопасного образа жизни основывается на том, что способность к его осуществлению приобретается человеком по мере развития его сознания в процессе образования. Поясним: для обеспечения безопасности необходимо осуществлять – прогнозирование, выявление, анализ и оценку угроз; разработку и применение комплекса оперативных и долговременных мер по их выявлению, предупреждению, устранению; локализации и нейтрализации последствий их проявления; стратегическое планирование. Обеспечение безопасности требует актуализации интеллектуального, физического, психического, нравственного потенциала обучающегося, определяющегося здоровьем. Особо подчеркнем, что ее эффективность зависит от свойств окружающей человека образовательной среды (наличия факторов риска саморазвития) и полноты познания обучающимся свойств объектов окружающего мира и себя самого, как потенциальных источников опасности. Следовательно, в процессе образования обучающегося необходимо создавать безопасную образовательную среду с целью сохранения его здоровья (целостности развития) «безопасность для здоровья» (обучающийся – объект безопасности), по мере развития его сознания он приобретает способность быть субъектом безопасности (обучающийся – субъект безопасности).

Заключение

Результаты педагогического осмысления безопасного образа жизни отражены в следующих положениях.

1. Феномен безопасности возникает в процессе взаимодействия человека с объектами окружающего мира (потенциальными источниками опасности). Для человека всегда существует угроза, представляющая собой особое состояние его отношений с внешней средой. Поэтому абсолютной безопасности не существует, есть в ней потребность.

2. Безопасность – это состояние субъект-объектных отношений, отражающее ситуацию (сочетание условий и обстоятельств, создающих определённую обстановку, положение), при которой субъект оценивает возможность причинения вреда объекту (результата воздействия, повлекшего нежелательные и (или) неблагоприятные последствия для объекта воздействия) как несущественную. В этом определении учитываются не интересы объекта (которые невозможно полностью учесть), а то, чего он не желает (лишение жизни и здоровья, ограничение свободы, ухудшение условий существования); что нарушает его структурную целостность – вызывает деструкцию и (или) дисфункцию, которые мы расцениваем как результат негативного влияния на здоровье; снижает возможность достижения объектом жизненных целей. Особо подчеркнем, что вред объекту безопасности может быть нанесен опосредовано (через другие объекты с ним связанные с целью разрушить его комфортные отношения).

3. Понятие безопасного образа жизни производно от понятия здорового образа жизни. Связь здоровья и безопасности сопряжена с экспериментальными работами по изучению факторов риска жизни и здоровью человека, его защитных механизмов в русле жизнеспособности, устойчивого развития.

4. Безопасный образ жизни в онтологическом плане мы определяем многоуровневой саморазвивающейся системой гармоничных связей и отношений между людьми, обеспечивающей ко-эволюционное развитие единства общества и активного социального субъекта, в котором субъекты сохраняются и развиваются в сохранении и со-развитии с социальным целым, в мета-пространстве субъектного взаимодействия,

«общем поле» деятельности, смыслообразования, со-регуляции и со-развития.

5. Педагогическое осмысление безопасного образа жизни обращено к образованию человека как субъекта безопасности, способному к самообразованию, обеспечивающему минимизацию рисков, опасностей и угроз индивидуальному и общественному развитию в контексте собственных ресурсов, социальных, культурных норм и условий окружающей среды.

6. Педагогический контекст осмысления безопасного образа жизни отражает необходимость образования обучающегося как субъекта безопасности; профессиональной подготовки будущего учителя к реализации сберегающей, развивающей и созидающей функций образования.

Список литературы

1. Фетисова Ю.В. Безопасность и культурный контекст: к обоснованию понятия «Культура безопасности» // ОНВ. 2009. № 3 (78). С. 88–90.

2. Рыбалкин Н.Н. Философия безопасности: уч. пособ. М.: МПСИ, 2006. 296 с.

3. Урсул А.Д., Урсул Т.А. Устойчивое развитие и безопасность. М.: Изд-во МГУ, 2013. 515 с.

4. Белов С.В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата. М.: Издательство Юрайт, 2014. 702 с.

5. Сапронов Ю.Г., Сыса А.Б., Шахбазян В.В. Безопасность жизнедеятельности: учеб. пособ. М.: Издательский центр «Академия», 2003. 320 с.

6. Жизнеспособность человека: индивидуальные, профессиональные и социальные аспекты: монография. М.: Институт психологии РАН, 216. 755 с.

7. Гурьянова Н.П. Территориальные сообщества социально-педагогический феномен единства цели человека и власти // Социальная педагогика в России: научно-методический журнал. 2016. № 2. С. 3–10.

8. Зеер Э.Ф. Социально-психологические аспекты развития жизнеспособности и формирования жизнестойкости человека // Педагогическое образование в России. 2015. № 8. С. 69–76.

9. Махнач А.В. Жизнеспособность человека и семьи: монография. М.: Институт психологии РАН, 2016. 459 с.

10. Нестерова А.А. Рецензия на книгу А.В. Махнача «Жизнеспособность человека и семьи: социально-психологическая парадигма». М.: Изд-во «Институт психологии РАН», 2016. 459 с. // Психологический журнал. 2017. Т. 38. № 5. С. 121–123.

11. Рыльская Е.А. Актуальные проблемы жизнеспособности и конкурентоспособности человека в современном обществе // Фундаментальные и прикладные исследования современной психологии. Результаты и перспективы развития. Отв. ред. А.Л. Журавлёв, В.А. Кольцова. М.: Институт психологии РАН, 2017. С. 2514–2521.

12. Абаскалова Н.П., Зверкова А.Ю. Научный обзор: системный подход в педагогике здоровья // Научное обозрение. Педагогические науки. 2016. № 2. С. 5–24.

13. Добротворская С.Г. Организационно-методические условия ориентации студентов на здоровый образ жизни // Теория и практика физической культуры. 2016. № 9. С. 28–30.

14. Лисицин Ю.П. Социальная гигиена и организация здравоохранения. Проблемные лекции: уч. пособ. М.: Медицина, 1992. 512 с.

15. Валеева Г.В., Тюмасева З.И. Психологическая готовность будущих учителей к оздоровительной деятельности: монография. Челябинск: Изд-во ЗАО «Цицеро», 2014. 140 с.

УДК 378.147:37.018

ЭКОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА УЧИТЕЛЯ НАЧАЛЬНЫХ КЛАССОВ В СОВРЕМЕННОМ ВУЗЕ

Бобылева Л.А.

ФГБОУ ВО «Северо-Осетинский государственный университет им. К.Л. Хетагурова», Владикавказ, e-mail: bobial@yandex.ru

В статье показана актуальность перехода на качественно новый уровень системы профессиональной подготовки будущих учителей начальных классов и формирования у них эколого-педагогической компетентности. Раскрыта сущность, структура (когнитивный, мотивационно-ценностный и операционно-деятельностный компоненты) и содержание понятия эколого-педагогической компетентности учителя, а также необходимые условия для ее формирования при переходе педагогических вузов и общеобразовательной школы на новые образовательные стандарты. Обсуждаются подходы, используемые в процессе эколого-педагогической подготовки будущих учителей начальных классов в условиях высшего педагогического образования. Разработаны и представлены принципы, на основе которых построена система эколого-педагогического образования студентов в рамках общей программы обучения учителя, выделены этапы формирования экологических и эколого-педагогических знаний; воспитания экологической культуры студентов и признания ими ведущей роли школьного экологического образования в решении экологических проблем; развития умений, навыков и опыта природоохранной деятельности, а также конструирования эколого-образовательного процесса в школе. Показаны технологии формирования названного качества будущих специалистов начальной школы в процессе аудиторной (при чтении общих и специальных учебных курсов), внеаудиторной (деятельность студенческого экологического клуба-отряда) и научно-исследовательской работы (выполнение курсовых и выпускных квалификационных работ, подготовка научных статей и докладов).

Ключевые слова: экологическое образование студентов, технологии экологического образования, педагогическое образование

THE ECOLOGICAL-PEDAGOGICAL TRAINING OF PRIMARY SCHOOL TEACHERS IN THE MODERN UNIVERSITY

Bobyleva L.A.

North Ossetian State University K.L. Khetagurov, Vladikavkaz, e-mail: bobial@yandex.ru

The article shows the relevance of the transition to a qualitatively new level of the system of professional training of future primary school teachers and the formation of their ecological and pedagogical competence. The essence, structure (cognitive, motivational-value and operational-activity components) and the content of the concept of ecological-pedagogical competence of teachers, as well as the necessary conditions for its formation in the transition of pedagogical universities and secondary schools to new educational standards. The approaches used in the process of ecological and pedagogical training of future primary school teachers in the conditions of higher pedagogical education are discussed. The principles on the basis of which the system of ecological and pedagogical education of students within the General program of training of the teacher is constructed are developed and presented, stages of formation of ecological and ecological and pedagogical knowledge are allocated; education of ecological culture of students and recognition by them of a leading role of school ecological education in the solution of ecological problems; development of skills and experience of environmental activities, as well as the design of ecological and educational process in the school. The technologies of formation of the named quality of future specialists of primary school in the classroom (when reading General and special training courses), extracurricular (activity of the student ecological club-group) and research work (performance of course and final qualifying works, preparation of scientific articles and reports) are shown.

Keywords: ecological education of students, technologies of ecological education, pedagogical education

В условиях экологического кризиса, происходящего на планете, остро стоит проблема поиска путей гармонизации отношений общества и природы. Важным условием в решении данной проблемы является изменение экологического сознания общества, воспитание нового экологически грамотного и экологически ответственного поколения людей, способного находить целесообразные пути решения экологических проблем и строить жизнь на принципах устойчивого социокультурного развития. Особая роль в этом процессе принадлежит современной системе образования, приоритетной задачей которого в настоящее время определено формирование у подрастающего поколения экологической культуры, развитие новых ценностных ориентаций, повышение уровня экологической ответственности и накопление опыта экологически рациональной деятельности во взаимоотношениях с природой.

Этап начального образования в этом процессе имеет особое значение, поскольку является наиболее важным в становлении личностных качеств ребенка, формировании у него основ экологически целесообразного взаимодействия с окружающим миром. Главной целью образования в соответствии с ФГОС начального образова-

ния является «высоконравственный, творческий, компетентный гражданин России, принимающий судьбу Отечества как свою личную, осознающий ответственность за настоящее и будущее своей страны». В [1] важным и обязательным требованием стандарта является реализация в процессе воспитания и обучения младших школьников «Программы по формированию экологической культуры, здорового и безопасного образа жизни», направленной на формирование знаний, установок, личностных ориентиров и норм поведения, обеспечивающих сохранение и укрепление физического и психологического здоровья… как одной из ценностных составляющих, способствующих познавательному и эмоциональному развитию ребёнка, достижению планируемых результатов освоения основной образовательной программы начального общего образования» [1]. Достижение названных целей невозможно без развития в общеобразовательной школе системы непрерывного экологического образования учащихся.

Таким образом, вышеизложенное предъявляет особые требования к личности учителя и его профессиональной готовности к осуществлению на высоком уровне процесса экологического образования и воспитания школьников. Речь идет о сформированности у выпускников педагогических вузов эколого-педагогической компетентности. По мнению исследователей, понятие эколого-педагогической компетентности является важным личностным качеством учителя, которое определяет степень развития его профессионально-экологического становления и способность на высоком уровне обеспечивать экологическое образование учащихся» [2].

Школа остро нуждается в учителе, обладающем названными профессиональными и личностными качествами, а именно высоким уровнем экологической грамотности, развитой экологической культурой и экологическим сознанием, владеющем умениями, навыками и опытом использования в педагогической практике современных эколого-образовательных технологий [3, 4].

При переходе вузов на образовательные стандарты следующего поколения (ФГОС «три плюс») перед профессиональным образованием ставятся новые задачи, прежде всего направленные на значительное повышение качества получаемых студентами профессиональных знаний за счет усиления не только теоретической, но и практической составляющих процесса обучения. Уровень подготовки выпускника, в том числе и педагогического вуза, теперь должен соответствовать уровню состоявшегося специалиста, востребованного на рынке труда.

В связи со сказанным, экологическое образование будущих учителей начальных классов приобретает особую актуальность и должно быть направлено не только на углубление экологических знаний через экологизацию общих и специальных учебных дисциплин и введение дополнительных курсов. Важную роль играет психолого-педагогическая составляющая готовности студентов к экологическому образованию школьников, позволяющая постепенно развивать абстрактные эколого-образовательные знания в личностноориентированном опыте проведения экологической деятельности, переходить от формирования у студентов единичных умений, навыков и компетенций – к их системе, от «знаниевых» мотивов эколого-педагогической деятельности – к «реально действующим».

Таким образом, формирование в процессе профессиональной подготовки учителя начальных классов эколого-педагогической компетентности будущего специалиста предполагает разработку новых подходов к целевым, содержательным и технологическим аспектам обучения студентов.

Цель нашего исследования заключалась в теоретико-экспериментальном изучении проблемы формирования эколого-педагогической подготовки учителя начальных классов и обосновании педагогических условий ее реализации в условиях высшего профессионального образования.

Материалы и методы исследования: теоретико-методологический анализ исследуемой проблемы; педагогический эксперимент.

Результаты исследования и их обсуждение

Эколого-педагогическое образование учителя начальных классов является составной частью общей программы профессиональной подготовки учителя начальных классов и представляет собой, по мнению Е.И. Артамоновой, М.О. Исаковой, «…специально организуемую и сознательно осуществляемую деятельность преподавателей и студентов, направленную на освоение будущими учителями общественно-педагогического опыта по экологическому воспитанию подрастающего поколения, усвоение соответствующих знаний, формирование умений и навыков на основе активной деятельности» [5]. Результатом такой деятельности должно стать формирование у выпускника вуза эколого-педагогической компетентности, которая рассматривается как сложное личностное качество учителя, отражающее его глубокое убеждение в том, что осуществление экологического образования подрастающе-

го поколения – основное условие решения экологических проблем.

Процесс формирования эколого-педагогической компетентности учителя должен представлять собой целенаправленную систему экологического образования и воспитания студентов, целью которой является формирование у будущих учителей экологической культуры и их готовности к экологическому воспитанию школьников.

Структура понятия профессионально-педагогической готовности учителя к экологическому образованию младших школьников, таким образом, проявляется во взаимосвязанных компонентах:

– когнитивный компонент, включает развитие естественнонаучных и эколого-биологических, социально-экологических знаний, понятий, научных фактов, законов и закономерностей, теорий; сформированность системы методологических, теоретических, методических и технологических знаний, умений и опыта, необходимых для конструирования эколого-образовательной деятельности учащихся;

– ценностно-мотивационый компонент, отражающей социально-нравственную позицию будущего учителя, имеющего развитую мотивацию природоохранной, здоровьесберегающей и эколого-педагогической деятельности, его стремление к достижению целей развития у школьников экологической культуры и бережного отношения к природе; включая систему ценностных отношений и мотиваций в области эколого-педагогического образования, определяющих экологическую направленность в саморазвитии личности специалиста начального образования [6];

– операционно-деятельностном компоненте, который включает систему эколого-педагогических умений, навыков и опыта во взаимодействии с различными экосистемами, а также проектированию, организации, диагностике, оценке и коррекции результатов экологического образования школьников [6].

Процесс формирования эколого-педагогической готовности будущего учителя должен иметь системный характер и строиться на общепедагогических принципах обучения. В числе условий успешной реализации данного процесса следует выделить: интеграцию элементов образовательного процесса на всех этапах обучения и согласованность педагогических воздействий на когнитивном, эмоциональном и деятельностном уровнях, а также разнообразие используемых организационных форм, методов обучения и воспитания и технологий аудиторной и внеаудиторной деятельности студентов [5].

Эколого-профессиональная подготовка будущего учителя в нашем опыте включает несколько этапов, каждый из которых характеризуется определенными целями, педагогическими условиями, содержанием и результатами.

На первоначальном этапе реализации целенаправленной системы экологического образования и воспитания студентов происходит осмысление ими значения экологических знаний в процессе формирования экологической культуры учащихся; формируются мотивы природоохранной деятельности и понимание роли экологического образования в ее результативности; развиваются начальные умения систематизации научно-экологической информации; накапливается первоначальный опыт разработки методов и приемов эколого-образовательной деятельности, изучения положительного опыта экологического образования младших школьников, освоение методов диагностики сформированности экологической грамотности и экологической культуры; происходит осмысление особенностей экологического образования детей на уровне начальной школы, когда наиболее активно закладываются мировоззренческие, нравственные, культурные и поведенческие и другие основы личностного развития ребенка.

Достижение названных целей возможно при выявлении и использовании экологического и эколого-образовательного потенциала читаемых общих курсов в соответствии с учебным планом специальности («Естествознание», «Педагогика», «Психология», «Методика преподавания интегративного курса «Окружающий мир», «Основы вожатской деятельности» и др.). Целесообразным, с нашей точки зрения, является включение в учебный план направления подготовки студентов авторского спецкурса эколого-регионального содержания «Экология родной республики с основами формирования экологической культуры». Содержание данного курса носит практико-ориентированный характер и строится на использовании методов, активизирующих самостоятельную работу студентов в освоении природно-климатических, экологических, культурно-исторических и национальных особенностей своего края. С этой целью студенты активно знакомятся с содержанием и методикой работы с учебным пособием по родному краю для начальных классов [7]. К примеру, работа с географической картой, анализ фото- и видеоматериалов, выполнение творческих заданий по раскрытию эколого-педагогического потенциала региональных знаний, решению про-

ектно-исследовательских задач в изучении родного края и многое другое.

Как показал опыт, расстановка необходимых экологических и эколого-образовательных акцентов в содержании плановых и дополнительных учебных дисциплин естественнонаучного блока обеспечивает непрерывность и преемственность в эколого-педагогическом развитии учителя начальных классов. Не следует забывать при этом о включении в образовательный процесс новейших образовательных технологий (мультимедиа, интернет-ресурсах, инновационных, интерактивных и других методах обучения). Наибольшую эффективность имеют методики, способствующие погружению студентов в будущую профессиональную деятельность. К примеру, студентам предлагается самостоятельно или в группах по 5–7 человек разработать модель организации в школе уголка живой природы, составить программу экологического кружка, сконструировать конспекты экологизированного урока, внеклассного мероприятия или экскурсии в природу, придумать тематику и план разработки природоохранных проектов для младших школьников. Данный методический поход повышает у студентов интерес к работе учителя и развивает их педагогическое творчество.

На следующем этапе реализации системы экологического образования и воспитания студентов происходит расширение предметной сферы эколого-педагогической деятельности студентов, формируются знания, умения и опыт организации эколого-образовательной деятельности в школе. Этому способствует грамотно организованная педагогическая практика, в ходе которой студенты имеют возможность освоить различные эколого-образовательные методы, например провести диагностику сформированности у младших школьников экологических знаний, выявить уровень их экологической воспитанности, научиться конструировать эколого-образовательный процесс и применять в учебной деятельности наиболее эффективные средства, методы и приемы экологического образования учащихся, анализировать результаты своей педагогической деятельности.

Важным этапом в экологической подготовке учителя начальных классов является учебная полевая практика, которая направлена на овладение студентами способов изучения растительного и животного мира родного края, знакомство с его природно-климатическими и экологическими особенностями, разнообразием природных сообществ и экологических систем. Изучая разнообразие и закономерности природы при непосредственном общении с ней, не только повышает уровень приобретаемых знаний, но пробуждает интерес к ее познанию, эстетические, нравственные и патриотические чувства, что формирует экологическую культуру будущего учителя и повышает ответственность за судьбу родной природы.

Особое место в реализуемой системе эколого-профессиональной подготовки учителя начальной школы отведено научно-исследовательской деятельности студентов по проблемам экологического образования школьников. В ходе данной работы студены углубленно изучают и учатся анализировать теорию и практический опыт школьного экологического образования, осваивают новейшие педагогические технологии в данной области, экспериментально проверяют теоретические выводы, занимаются творческим поиском интересных методических решений по исследуемым проблемам. Работая над исследованием актуальной научно-методической проблемы, студенты приобретают навык применения научных методов в будущей профессиональной деятельности: в работе по совершенствованию учебно-воспитательного процесса, в саморазвитии и творческом поиске эффективных средств экологического образования и воспитания школьников.

Большое значение в эколого-профессиональной подготовке будущего учителя имеет такая форма внеурочной деятельности, как участие студентов в работе общественной экологической организации (экологическом клубе-отряде), созданной на факультете. Деятельность в экологическом клубе способствует более глубокому осмыслению будущими учителями опасности экологических проблем и причинами их вызывающими, знакомству с историей, культурой и традициями своего народа в отношениях с природными объектами, накоплению личного опыта природоохранной деятельности в ходе экологических экспедиций и десантов. Развитие социальной активности студентов в экологических делах и овладение умением отстаивать собственную принципиальную позицию происходит в процессе общения клубовцев с учеными-экологами, представителями природоохранных ведомств, производственниками. У студентов формируется новый взгляд на социоприродные отношения, повышается экологическая ответственность, и ответственность за качество экологического образования школьников, которое им предстоит осуществлять в их профессиональной педагогической деятельности.

Заключение

Таким образом, формирование эколого-педагогической компетентности студен-

тов – будущих учителей начальных классов на качественно новом уровне профессиональной подготовки предполагает интеграцию необходимых педагогических условий, а также обновление содержания и технологий обучения в соответствии с требованиями времени и реализуемой модернизацией высшего педагогического образования.

Список литературы

1. Федеральный государственный образовательный стандарт начального образования / М-во образования и науки Рос. Федерации. 6-е изд., перераб. М.: Просвещение, 2018. 53 с.

2. Машкова С.В. О проблеме формирования эколого-педагогической компетентности будущего учителя начальных классов в условиях реализации новых ФГОС // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2014. № 1 (86). С. 42–45.

3. Иващенко О.В., Ткачук А.А. Современные тенденции подготовки будущих учителей начальных классов к экологическому воспитанию школьников // Воспитание как фактор развития личности в современной России: материалы Международной научно-практической конференции-вебинара, 2017. С. 106–111.

4. Мамедов Н.М. Культура, экология, образование. М.: РЭФИА, 1996. 51 с.

5. Артамонова Е.И., Исакова М.О. Экологическое воспитание будущего учителя в едином образовательном процессе педагогического вуза // Педагогическое образование и наука. 2012. № 8. С. 43–53.

6. Ефимова Е.Н. Становление эколого-педагогической компетентности будущего педагога дошкольного образования в вузе // Формирование профессиональных компетенций педагога дошкольного образования в условиях непрерывного педагогического образования: материалы Всероссийской научно-практической заочной конференции (Ярославль, 01 декабря 2011 г.), 2011. С. 115–126.

7. Бобылева Л.А. Республика Северная Осетия – Алания: Природоведение, экология, охрана природы // Учебник-тетрадь с контурными картами. Изд. 8-е, перераб. и доп. Владикавказ, 2018. 76 с.

УДК 376:372.851

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ВНЕДРЕНИЯ УНИВЕРСАЛЬНОГО ЭЛЕКТРОННОГО КУРСА ПО МАТЕМАТИКЕ ДЛЯ УЧАЩИХСЯ 5 КЛАССОВ

[1]Быков А.А., [2]Сенчилов В.В.

[1]Филиал ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет МЭИ», Смоленск, e-mail: mail@sbmpei.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Смоленский государственный университет», Смоленск, e-mail: fi zmat@smolgu.ru

В статье представлены основные особенности разработки универсального электронного курса по математике для учащихся 5-х классов с особыми образовательными потребностями. При создании именно универсального учебного курса перед авторами статьи стояла проблема разнообразия учебников, по которым обучаются дети с особыми возможностями здоровья, попытка решить которую заключалась во включении к курс максимального числа вопросов. Педагог, который использует курс, темы не отраженные в конкретном учебнике может рассматривать как дополнительный материал. В основе технологии разработки универсального электронного курса применены дистанционные технологии проектирования. Авторами представлены основные компоненты данного курса. Рассмотрены особенности изложения отдельных тем по математике с опорой на интерактивные технологии, что повышает качество обучения детей с особыми образовательными потребностями и стимулирует у них интерес к изучению курса математики. В статье представлены результаты педагогического эксперимента по внедрению разработанного универсального электронного курса. Эксперимент проводился в течение двух лет на базе центра образования для детей с особыми образовательными потребностями г. Смоленска при поддержке гранта РФФИ № 17-16-67015-ОГН и Администрации Смоленской области.

Ключевые слова: дистанционное обучение, универсальный электронный курс, интерактивные технологии, педагогический эксперимент, интерактивная образовательная доска, технологии повышения интереса к обучению

PEDAGOGICAL PECULIAR PROPERTIES THE DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF A UNIVERSAL E-COURSE IN MATHEMATICS FOR STUDENTS IN 5 CLASSES

[1]Bykov A.A., [2]Senchilov V.V.

[1]Filial National Research University Moscow Power Engineering Institute, Smolensk, e-mail: mail@sbmpei.ru;

[2] Smolensk State University, Smolensk, e-mail: fi zmat@smolgu.ru

The article presents the basic peculiar properties of the development of a universal electronic course in mathematics for students of 5 classes with special educational needs. When creating a universal training course, the authors of the article faced the problem of the diversity of textbooks for which children with special health opportunities are taught, an attempt to solve which was to include the maximum number of questions in the course. A teacher who uses the course, topics not reflected in a particular textbook can be considered as additional material. The technology of development of a universal electronic course is based on remote design technologies. The authors present the main components of this course. The features of the presentation of individual topics in mathematics based on interactive technologies, which improves the quality of education of children with special educational needs and stimulates their interest in the study of mathematics. The article presents the results of the pedagogical experiment on the implementation of the developed universal electronic course. The experiment was conducted for two years on the basis of the center of education for children with special educational needs of the city of Smolensk with the support of RFBR grant № 17-16-67015-OGN And the administration of the Smolensk region.

Keywords: distance learning, universal e-course, interactive technologies, pedagogical experiment, interactive educational board, technologies to increase interest in learning

В настоящее время в системе обучения учащихся с особыми образовательными потребностями активно используются дистанционные технологии. Особенно они активно используются для обеспечения дополнительного образования наряду с традиционной формой обучения. В результате активного применения данных технологий в педагогической науке возникли дополнительные разделы методики, касающиеся дистанционной формы обучения. Но, несмотря на это, методика дистанционного обучения еще только строится, и в этом вопросе наметились определенные проблемы, особенно это касается физико-математического обучения и, в частности, преподавания математики в 5 классе. Использование традиционных форм обучения математике в пятом классе на основе дистанционных технологий в большинстве случаев не дает необходимого результата, поэтому необходима разработка современных методических аспектов к осуществлению дистанционного обучения математике в пятом классе.

Цель исследования: рассмотрение методических особенностей разработки универсального электронного курса по математике для учащихся 5-х классов с особыми образовательными потребностями.

Материалы и методы исследования

Основой построения дистанционного курса по математике для 5-х класса являются идеи развивающего обучения, предложенные российскими педагогами-новаторами Л.С. Выготским, Л.В. Занковым и др. Смысл основной концепции развивающего обучения – это основополагающая роль теоретических знаний, основная цель которых в осознанном изучении теоретических знаний обучающимися, а потому его воплощение заключается в том, что ученик, выполняя упражнения в заданной последовательности, вырабатывает способность самостоятельно формулировать правила, давать определение неизученного или уже знакомого понятия или даже предложить новый термин [1].

Разработанный дистанционный курс содержит весь комплекс вопросов, изучаемых в 5-м классе, но в связи с тем, что в настоящее время существует большой перечень учебников, по которым обучаются, и педагоги дополнительного образования должны подстраиваться под знания и желания учащихся, поэтому одной из задач разработанного курса была его универсальность. Данная концепция предполагает включение всех дополнительных вопросов, отраженных в учебниках разных авторов. Кроме того, учащиеся выбирают количество часов на изучение предмета, поэтому универсальность курса помогает решить и эту проблему.

Разработанный дистанционный курс предполагает представление материала в нескольких вариантах сложности, при этом теоретический материал для каждого уровня сложности представлен одинаково. Отличия заключаются в выборе задач для решения и проверочных работ. В результате учителю дана возможность подобрать нужный ему материал в зависимости от выбранной учащимся сложности изучения и количества часов.

При разработке учебного курса отдельное внимание было уделено формированию теоретического материала по предмету [2]. Поскольку учащиеся пятого класса еще относительно небольшого возраста, изложение теории иллюстрируется красочными рисунками, объяснение сопровождается мультипликационными роликами, каждое действие алгоритма работы, например с дробями, выделяется собственным цветом. Различные сложные моменты теории объясняются несколько раз с задействованием различных видов памяти на основе жизненных ситуаций, тем самым учащимся демонстрируется связь математики с жизнедеятельностью человека, чтобы у них не формировалось мнение, что математические знания не нужны в жизни.

В теории также разбираются основные задачи каждой темы. Алгоритм решения поясняется с использованием изображений сказочных героев, таких как Незнайка, Красная шапочка, Карлсон и др., при этом герои задают учащемуся наводящие вопросы, на которые сами и отвечают через некоторое время, указывая на то, что учащийся и сам так думал. Использование такого принципа изложения материала способствует росту интереса у учащихся, а также формирует позитивную атмосферу для проведения урока [3].

Каждый урок содержит и материалы, необходимые для проверки теоретических и практических знаний учащихся. Проверка теоретических знаний представлена тестами двух уровней. Первый уровень содержит вопросы по теории, на которые даны варианты ответов, и учащийся должен выбрать из них только один правильный, об этом ему сообщается в начале теста. Второй уровень является более сложным и предполагает вопросы с несколькими правильными ответами, вопросы, требующие вводить ответ с клавиатуры, к тому же вопросы подобраны более сложные.

Третью часть любого урока составляют практические задания для решения совместно с учителем, самостоятельного решения и домашнее задание. Задания для самостоятельного решения и домашнее задание также представлены несколькими уровнями сложности для обеспечения целостности концепции изучения предмета. Подбор домашнего задания и задач для самостоятельного решения особой проблемы при разработке дистанционного курса не вызвал.

Наибольшую проблему при разработке универсального курса по математике для пятого класса представляют собой задачи для совместного решения с учителем на уроке. Проблема состоит не в подборе самих заданий, а в обеспечении наглядности и взаимодействия учителя и ученика в процессе решения задачи. При дистанционном обучении, к сожалению, нет возможности вызвать учащегося к доске и, подсказывая ученику, получить совместное решение задачи [4].

Для решения данной проблемы по организации взаимодействия учителя и учащегося в каждом уроке курса разработаны задания диалогового типа с подключением интерактивной доски. Данное программное обеспечение широко представлено в сети Интернет. Диалоговые задания представлены тремя уровнями. Задания первого уровня представляют собой поэтапное решение задачи, но наиболее сложные и трудные моменты решения уже представлены, а учащийся под руководством учителя добавляет недостающие компоненты решения. Такие задания не требуют высокой предметной подготовки учащегося. Задания второго уровня содержат задачи, в которых уже указаны незначительные и самые легкие моменты решения, а вот наиболее трудные моменты решения должен дописать учащийся при помощи учителя. Если у учащегося возникли проблемы на каком-то этапе решения, то он с разрешения учителя может нажать на подсказку сказочного героя и получить не сам этап решения, а только ценный совет, позволяющий направить его мысли на правильное решение. Кроме того, учителю дается доступ к сложным компонентам решения задачи, спрятанным от ученика. Для этого используется технология слоев, которой обладают почти все интерактивные доски. В нужный момент учитель может сделать слой активным, и учащийся познакомится с этапом решения задачи. Доступ к сложным моментам решения можно организовывать постепенно, что будет способствовать развитию мыслительной деятельности учащегося.

Задания третьего уровня также представляют собой поэтапное решение задачи с указанием несложных компонентов решения, но уже никаких подсказок не предусмотрено. Учителю не предоставляется доступа к сложным моментам решения задачи в ходе урока, единственное, что может учитель и ученик – это вносить записи в решение. Такие задания требуют

от учителя высокой предметной подготовки и необходимости самостоятельно перед уроком просмотреть данные задачи. В остальном разработанный универсальный курс значительно облегчает деятельность учителя и нет необходимости подбирать учебный материал с соответствующими презентациями, материалы для проверки знаний и домашнего задания, а также быть привязанным к определённому учебнику [5].

Особое внимание уделено геометрическим вопросам, изучаемым в пятом классе. Это связано с тем, что накопленные знания на данном этапе имеют важное значение при изучении систематического курса геометрии. Значительная часть материала изучается и усваивается учащимися только на уровне представлений, поэтому особое внимание необходимо уделить вопросу обеспечения наглядности изучаемого материала.

При проектировании геометрических заданий предлагается разработка к каждой задаче поэтапных чертежей, выполненных в цвете. Каждая новая операция при решении задачи иллюстрируется на чертеже другим цветом, что обеспечивает наглядность каждого этапа решения. Сами чертежи можно разработать с помощью различных графических программ, но после этого чертежи должны быть представлены в виде документа для интерактивной доски. Интерактивная доска позволяет вносить записи в решение учащемуся и учителю одновременно, дорисовывать чертежи. Диалоговые геометрические задания входят в основу авторского дистанционного курса и позволяют обеспечить дистанционному обучению принципиально новый методический уровень.

Результаты исследования и их обсуждение

Эффективность разработанного универсального дистанционного курса была подтверждена в ходе педагогического эксперимента. В эксперименте участвовали 44 ученика 5 класса дистанционного центра и 6 учителей математики. Целью эксперимента была оценка уровня полученных знаний учащимися 5 классов при использовании разработанного курса в сравнении с результатами обучения по стандартной методике, а также рост уровня интереса к предмету. Для осуществления эксперимента обучающихся поделили на две группы, первая группа курс математики пятого класса осваивала обычными методами с использованием разработанных учителями материалов и обычных учебников, а преподавание во второй группе осуществлялось на основе разработанного универсального курса. В экспериментальных группах, для чистоты эксперимента, были подобраны ученики, указавшие в индивидуальном плане разное количество часов математики в неделю и различный по сложности уровень подготовки. Учителя, принимавшие участие в эксперименте, проводили уроки на основе традиционной методики и с использованием разработанного курса, таким образом, педагог работал с учениками из первой и второй группы. Эксперимент проводился в течение двух лет с двумя параллелями учащихся.

Для обеспечения достоверности результатов эксперимента была проведена проверка знаний учащихся с использованием различного уровня контрольных, тестов и срезов знаний, представленных независимыми педагогами других учебных заведений и департаментом образования области.

Для оценки результатов педагогического эксперимента можно представить следующие уровни формирования знаний и умений [6] у учащихся 5 классов:

– 3 уровень – учащиеся автоматизированно, свернуто и безошибочно выполняют математические действия (80–100 %),

– 2 уровень – учащиеся умеют достаточно свободно выполнять математические действия, осознавая каждый шаг (60–80 %),

– 1 уровень – учащиеся умеют выполнять математические действия самостоятельно, но лишь по образцу (40–60 %);

– 0 уровень – учащиеся совершенно не владеют знаниями и умениями (менее 40).

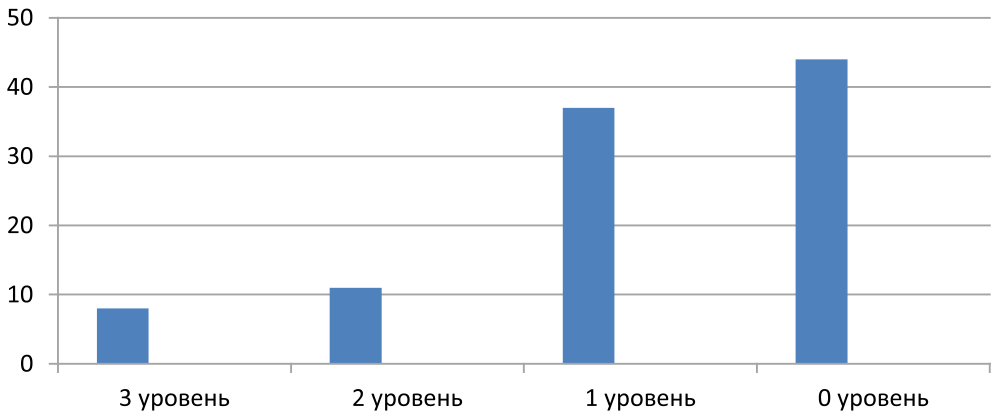


Рис. 1. Уровень формирования знаний и умений в контрольной группе

На основе представленных уровней были получены контрольные результаты в обеих группах:

В контрольной группе, проходившей обучение по обычной программе, получены результаты, изображенные на рис. 1.

– 3 уровень – 8 %;
– 2 уровень – 11 %;
– 1 уровень – 37 %;
– 0 уровень – 44 %.

В экспериментальной группе, обучавшейся с использованием разработанного курса, получены результаты, отображенные на рис. 2.

– 3 уровень – 21 %;
– 2 уровень – 34 %;
– 1 уровень – 36 %;
– 0 уровень – 9 %.

Полученные результаты свидетельствуют, что применение универсального дистанционного курса по математике повысило уровень сформированных [7] знаний и умений у учащихся, что показывает положительный эффект разработанного материала.

Вторым параметром оценки эксперимента показывался интерес у учащихся к предмету. Для оценки интереса были выделены следующие критерии:

– высокий интерес (90–100 %),
– интерес выше среднего (70–90 %),
– скорее интересно, чем нет (40–70 %);
– отсутствие интереса (менее 40).

В контрольной группе, обучавшейся по обычной программе, получены результаты, представленные на рис. 3.

– высокий интерес – 11 %;
– интерес выше среднего – 15 %;
– скорее интересно, чем нет – 42 %;
– отсутствие интереса – 32 %.

В экспериментальной группе получены результаты, представленные на рис. 4.

– высокий интерес – 27 %;
– интерес выше среднего – 38 %;
– скорее интересно, чем нет – 23 %;
– отсутствие интереса – 12 %.

Представленные результаты демонстрируют рост интереса к предмету в экспериментальной группе.

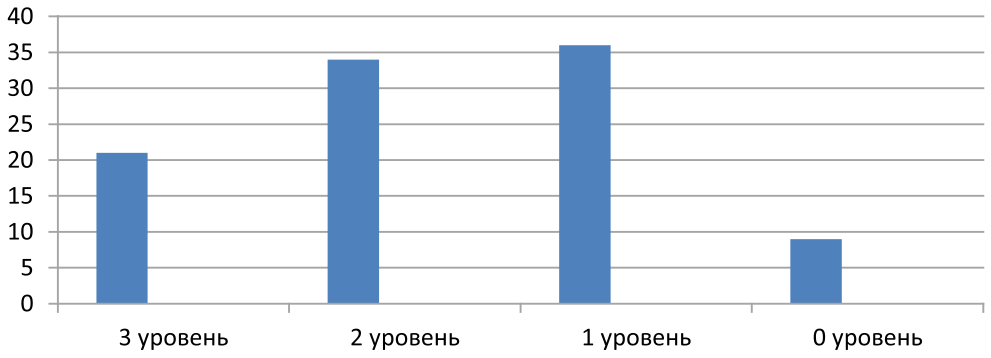


Рис. 2. Уровень формирования знаний и умений в экспериментальной группе

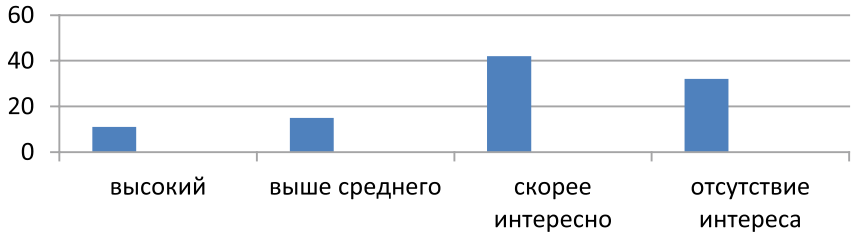


Рис. 3. Уровень интереса к предмету в контрольной группе

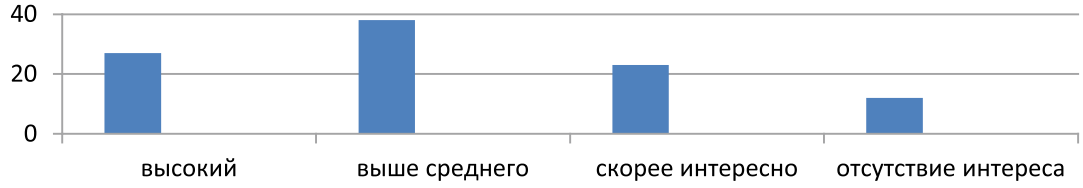


Рис. 4. Уровень интереса к предмету в экспериментальной группе

Заключение

Таким образом, можно утверждать, что разработанный нами универсальный дистанционный курс по математике для пятого класса позволит в полной мере использовать преимущества дистанционных технологий обучения, а также повысит качество обучения не только при дополнительном обучении математике детей с особыми образовательными потребностями, но и при использовании данного материала в обычном образовательном процессе.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-16-67015-ОГН и Администрации Смоленской области.

Список литературы

1. Киселева О.М., Сенчилов В.В., Быков А.А., Тимофеева Н.М. Возможности программного обеспечения при дистанционном обучении математике детей с особыми образовательными потребностями // Евразийское Научное Объединение. 2017. Т. 2. № 8(30). С. 111–112.

2. Сенчилов В.В., Киселева О.М., Быков А.А., Тимофеева Н.М. Модель подготовленности педагогов к преподаванию математики на основе дистанционного образования для детей с ограниченными возможностями здоровья // Постулат. 2017. № 7. [Электронный ресурс]. URL: http://e-postulat.ru/index.php/Postulat/article/view/743/766 (дата обращения: 05.12.2018).

3. Никитина Е.Л. Проблемы развития инклюзивного образования // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. Т. 29. С. 31–35.

4. Буренина Е.Е., Сенькина Г.Е. Проблемы и перспективы организации дистанционного обучения учащихся с ограниченными возможностями здоровья // Системы компьютерной математики и их приложения. 2014. № 15. С. 241–246.

5. Богданова А.А. Инклюзивное обучение детей с ограниченными возможностями здоровья по индивидуальной образовательной программе // Вестник Герценовского университета. 2012. № 3. С. 75–77.

6. Алимухамбетова Г.Е. Теория педагогического процесса как основа формирования готовности школьников к познавательной деятельности. Алматы, 1994. 134 с.

7. Позднякова Е.П. Развитие метапредметных компетенций у младших школьников посредством интерактивных технологий: автореф. дис. … канд. пед. наук. Челябинск, 2010. 25 с.

УДК 378:004

АЛГОРИТМ СОЦИАЛЬНО-ПРОФЕССИОНАЛЬНОЙ АДАПТАЦИИ БАКАЛАВРА: СПОСОБЫ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

Гордеева Н.О., Сыроватская Т.А.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Старооскольский филиал, Старый Оскол, e-mail: gordeeva@bsu.edu.ru, syrovatskaya@bsu.edu.ru

Социально-профессиональная адаптация выпускников вузов, которая проходит в условиях современной модернизации и реструктуризации экономики, осложняется увеличением численности получающих высшее образование людей и, как следствие, ужесточением условий на рынке труда и проблемами трудоустройства молодежи. В связи с этим возникает необходимость не просто изучать процесс социально-профессиональной адаптации выпускников вуза, но и управлять этим процессом. Настоящая статья посвящена проблеме определения и совершенствования механизмов, которые позволят обеспечить успешную социально-профессиональную адаптацию выпускнику образовательного учреждения высшего образования. В работе описан адаптивный алгоритм управления процессом адаптации, включающий оценку уровня адаптационного потенциала выпускника и определение управляющего воздействия для повышения данного уровня. Для совершенствования используемого алгоритма, с привлечением возможностей современных информационных технологий, разработана информационная система «Автоматизированное рабочее место выпускника факультета экономики и управления». Данный ресурс позволяет определять первоначальные параметры адаптируемости выпускника и на этой основе управлять индивидуальными траекториями работы с информационными модулями ресурса. Как показала практика, использование подобного ресурса в образовательной деятельности вуза позволяет усовершенствовать алгоритм управления социально-профессиональной адаптацией выпускников.

Ключевые слова: социально-профессиональная адаптация, выпускник вуза, алгоритм адаптации

ALGORITHM OF THE SOCIO-PROFESSIONAL ADAPTATION OF THE BACHELOR: WAYS TO IMPROVE

Gordeeva N.O., Syrovatskaya T.A.

Stary Oskol Branch, Belgorod State National Research University, Stary Oskol, e-mail: gordeeva@bsu.edu.ru, syrovatskaya@bsu.edu.ru

Social and professional adaptation of University graduates, which takes place in the conditions of modern modernization and restructuring of the economy, is complicated by the increase in the number of people receiving higher education and, as a consequence, the tightening of conditions in the labor market and the problems of youth employment. In this regard, there is a need not only to study the process of social and professional adaptation of University graduates, but also to manage this process. This article is devoted to the problem of determining and improving the mechanisms that will ensure the successful social and professional adaptation of a graduate of an educational institution of higher education. The paper describes an adaptive algorithm for managing the process of adaptation, including an assessment of the level of adaptive capacity of a graduate and the definition of control actions to increase this level. To improve the used algorithm with the use of the capabilities of modern information technologies, an information system «Automated workplace of a graduate of the Faculty of Economics and Management» has been developed. This resource allows you to define the initial parameters of graduate adaptability and on this basis to manage individual trajectories of work with information modules of the resource. As practice has shown, the use of such a resource in the educational activities of a higher education institution makes it possible to improve the management algorithm for the social and professional adaptation of graduates.

Keywords: socio-professional adaptation, university graduate, algorithm of the adaptation

Актуальность исследования обусловлена модернизацией системы высшего образования России и инновационной работой, направленной на обеспечение подготовки самостоятельных, инициативных, предприимчивых специалистов, способных предлагать и разрабатывать идеи, экономически выгодные проекты, находить нестандартные решения и мобильно адаптироваться к условиям профессиональной деятельности.

Проблема социально-профессиональной адаптации выпускника вуза в настоящее время масштабно представлена на государственном уровне. Введение в последние годы профессиональных стандартов во всех отраслях профессиональной деятельности, их частичная дисгармонизация с федеральными образовательными стандартами высшего образования обеспечили мощную инновационную работу в системе вузовского образования по качественной подготовке кадров и их адаптации на рынке труда.

Усиливает проблему показатель трудоустройства выпускников, имеющийся в мониторинге эффективности образовательных учреждений высшего образования, а также поиски вузами новых возможностей, обеспечивающих успешность адаптации специалистов на современном рынке труда,

в новых условиях, в профессиональном сообществе.

Одной из доминирующих задач руководителей и преподавателей вузов является формирование готовности студентов к профессиональной деятельности, для решения которой учебным заведениям в рамках реализации программ профессионального образования необходимо создавать специально организованную адаптирующую среду или условия, способствующие формированию готовности своих выпускников к социально-профессиональной адаптации, в ходе которой происходит освоение целей, ценностей, обусловленное сочетанием внешних и внутренних факторов, овладение нормами профессиональной деятельности, обеспечивающими не только оптимальное функционирование, но и развитие индивида в профессии [1].

Исходя из анализа комплекса исследовательских работ в предложенном направлении, можно выделить следующие проблемные позиции процесса социально-профессиональной адаптации выпускника.

Во-первых, социально-профессиональная адаптация выпускников вузов, которая проходит в условиях современной модернизации и реструктуризации экономики, осложняется увеличением численности получающих высшее образование людей и, как следствие, ужесточением условий на рынке труда и проблемами трудоустройства молодежи. В связи с этим возникает необходимость не просто изучать процесс социально-профессиональной адаптации выпускников вуза, но и управлять этим процессом. Для адаптации выпускников вузов важно соответствие данного процесса требованиям, предъявляемым к уровню подготовки специалистов.

Во-вторых, процесс социально-профессиональной адаптации в условиях вуза сопровождается наработанным комплексом методического и технологического инструментария, имеющего традиционную основу, что не находит у студенческой молодежи должной мотивации к построению самостоятельных индивидуальных профессиональных маршрутов в период обучения, а следовательно, требует разработки новых алгоритмов деятельности в этом направлении с использованием современных информационных технологий.

Современная система высшего образования находится в поиске эффективных моделей подготовки специалистов, способных обеспечить высокие запросы работодателя к полученным в вузе профессиональным знаниям и компетенциям, в том числе с привлечением возможностей современных информационных технологий.

Целью данного исследования является определение комплекса возможностей совершенствования механизмов, которые позволят обеспечить успешную социально-профессиональную адаптацию выпускнику вуза.

Материалы и методы исследования

Содействие в трудоустройстве и адаптации к рынку труда выпускников Старооскольского филиала государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Белгородский государственный национальный исследовательский университет» является одним из стратегических направлений деятельности организации и осуществляется в соответствии с Программой развития СОФ НИУ «БелГУ» и Программой повышения конкурентоспособности Белгородского государственного национального исследовательского университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2017 гг. и на перспективу до 2020 г. [2].

Среди основных направлений деятельности по содействию адаптации выпускников можно выделить следующие:

– профессиональная ориентация абитуриентов и студентов в ходе учебного процесса, учебных и производственных практик;

– проведение мониторингов по изучению проблем, связанных с процессом социально-психологической и профессиональной адаптации студентов;

– проведение адаптационных тренингов с приглашенными специалистами;

– индивидуальная помощь и консультации по проектированию индивидуальных программ саморазвития профессионально важных качеств.

Для эффективной организации процесса профессиональной адаптации и трудоустройства предложен алгоритм адаптивного управления данным процессом. Алгоритм предполагает исследование адаптационного поведения студента, которое проявляется через сформированность профессиональных представлений, успешное принятие решений (выбор профессии, выбор вуза), проявление инициативы и ясное определение собственного будущего (сформированность личностного и профессионального плана, планирование карьеры и т.д.), готовность к выполнению профессиональных ролей.

Исследуются конкурентные характеристики выпускников employability, которые заключаются в соответствии способностей выпускников требованиям рынка труда и marketability, которые проявляются «как способность осуществлять эффективные действия по продвижению себя в качестве потенциального специалиста на рынке труда» [3].

На первом этапе предлагается промежуточная оценка профессионального позиционирования выпускника, определяемого компетенциями по блоку профессиональных дисциплин и «способностью к самопрезентации, поиску работы, составлению и рассылке резюме» [4] на базе современных коммуникативных технологий. Для выяснения особенностей профессиональной адаптации необходимо так же учитывать внутренние побуждения выпускников, так как «поведение на рынке труда во многом определяется не только происходящими коренными изменениями объективных условий, но и более инертными внутренними установками, ценностями и мотивами» [5].

Следующий шаг «предполагает получение промежуточного заключения по общей адаптируемости молодого специалиста на рынке труда, которая демонстрирует трудовую мобильность выпускника и степень его готовности к обучению в системе дополнительного образования по новым специализациям, повышению квалификации, стажировкам, опережающему обучению» [4] в условиях онлайн-образования.

Результаты предварительных оценок формируют значение выходной переменной – оценки уровня профессиональной адаптации (социализации).

Для получения интегрированной оценки уровня образования, готовности выпускника к самостоятельной деятельности и полезных навыков, приобретенных в годы обучения, способствующих продвижению молодого специалиста в направлении профессиональной адаптации, предлагается использовать ряд методик (Р.Х. Раге, Т.Х. Холмс, Р.Х. Исмаилов, С. Деллингер, О.Н. Родина и др.).

За основу при определении адаптационного потенциала был взят многоуровневый личностный опросник «Адаптивность» (МЛО-АМ) А.Г. Маклакова и С.В. Чермянина, так как «опросник принят в качестве стандартизированной методики и рекомендуется к использованию для решения задач профессионального психологического отбора, психологического сопровождения учебной и профессиональной деятельности» [6]. При обработке результатов тестирования учитываются характеристики третьего уровня по четырем наборам ключей, соответствующих шкалам: достоверность, поведенческая регуляция, коммуникативный потенциал, моральная нормативность. Баллы шкал 3 уровня суммируются для получения значения шкалы 4-го уровня – личностного адаптационного потенциала.

Исходя из анализа интегрированной оценки уровня профессиональной адаптации, определяется состав и содержание управляющих воздействий для повышения адаптационного потенциала выпускников. Поскольку «чем выше уровень развития этого потенциала, тем выше вероятность успешной адаптации выпускника и тем шире диапазон факторов внешней среды, к которым он может приспособиться» [7].

Результаты исследования и их обсуждение

С целью обеспечения потребностей выпускников в информационно-методическом сопровождении трудоустройства и профессионального самоопределения и построения индивидуальных маршрутов профессиональной адаптации в СОФ НИУ «БелГУ» был разработан информационный ресурс «Автоматизированное рабочее место выпускника факультета экономики и управления» [8].

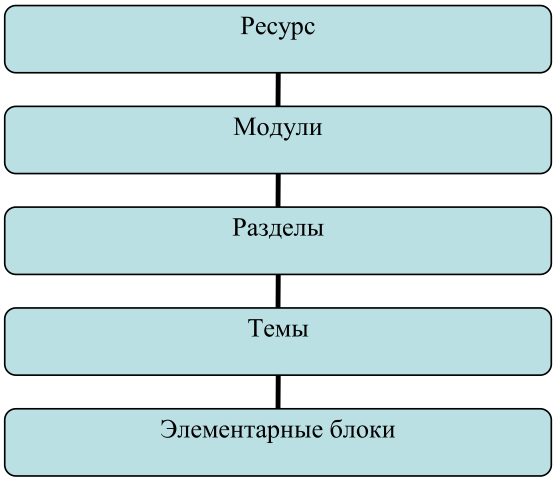
Целевая группа пользователей ресурса:

– выпускники факультета экономики и управления;

– студенты выпускных групп факультета экономики и управления.

Данный ресурс содействует формированию адаптационного потенциала на основе самообразования, направленного на анализ и оценку собственной деятельности, создании собственной модели готовности к карьерному росту и профессиональной деятельности.

Иерархическая структура ресурса представлена на рисунке.



Структура «Автоматизированного рабочего места выпускника»

Основными единицами ресурса являются модули, группирующие, с одной стороны, набор компетенций, которыми должен обладать выпускник, с другой стороны – информационный контент, необходимый для повышения его адаптационного потенциала.

Кроме информационных модулей в состав системы включены модуль аутентификации, модуль тестирования. Модуль аутентификации предназначен для определения зарегистрированного пользователя и предоставления интерфейса взаимодействия с системой в зависимости от его индивидуальных настроек. Модуль тестирования позволяет определить значение показателя «личностный адаптационный потенциал».

Идентификация пользователя ресурса и предоставление функционала автоматизированного рабочего места происходит в процессе авторизации. В случае если процедура авторизации проводится в первый раз, то после ввода пользователем персональных данных ему предлагается пройти тестирование на выявление индивидуальных психофизических особенностей. Результаты тестирования служат для первоначальной настройки модели выпускника и уровня его адаптационного потенциала, являются входными параметрами для модуля программного управления процессом изучения контента, который строит индивидуальную последовательность изучения, координирует направления перехода между элементами содержимого.

Так как процесс изучения контента занимает продолжительное время, имеется возможность сохранения состояния систе-

мы до следующей инициализации сеанса работы. После того, как пользователь вновь прошел авторизацию восстанавливается последний сеанс работы.

Выход из системы возможен на любом этапе, на котором в данный момент находится пользователь.

Укрупненный алгоритм взаимодействия пользователя с ресурсом можно представить следующим образом:

1. Начало процесса.

2. Авторизация пользователя.

2.1. Если пользователь входит систему впервые, то:

2.1.1. Определение параметров выпускника.

2.1.2. Первоначальная настройка параметров модели (индивидуальная последовательность изучения контента).

2.2. Иначе восстановление из базы данных информации о состоянии процесса.

3. Выбор информационного модуля для работы.

4. Выбор раздела модуля для изучения

4.1. Если выбранный раздел доступен для обучения, то переход к шагу 5.

4.2. Иначе переход к шагу 4.

5. Работа с материалом раздела.

5.1. Если материал раздела удовлетворяет потребностям выпускника, то возможен переход к следующему разделу, согласно смоделированной индивидуальной последовательности.

5.2. Иначе открытие следующего по порядку раздела.

6. Конец процесса взаимодействия.

Наше исследование подтверждает, что процесс управления профессиональной адаптацией с использованием информационных технологий может состоять из двух основных этапов:

– выявление потребностей выпускника в профессиональной адаптации;

– формирование индивидуального направления работы с модулями информационного ресурса в зависимости от выявленной модели выпускника.

В этом случае совершенствование алгоритма адаптации заключается в представлении выпускнику информационного контента в зависимости от индивидуальных потребностей и уровня адаптационного потенциала.

Информационный контент должен формироваться исходя из среднестатистической скорости усвоения материала, каждый раздел должен содержать примерно одинаковый дидактический объем информации. Учитывая указанные особенности, каждому выпускнику предлагается алгоритм формирования индивидуальной последовательности работы с ресурсом. Использование подобного ресурса позволяет студентам анализировать ситуацию на рынке труда, осуществлять подготовку к практической деятельности, быстрее адаптироваться к требованиям работодателей.

Ресурс «Автоматизированное рабочее место выпускника» размещен в свободном доступе в кабинетах самостоятельной работы, читальном зале, лаборатории финансов и кредита, учебной аудитории «Учебный банк».

Заключение

Как показала практика, использование подобного ресурса в образовательной деятельности вуза позволяет усовершенствовать алгоритм управления социально-профессиональной адаптацией выпускников. Внедрение данного проекта позволяет удовлетворять запрос выпускников на информационно-методическое сопровождение трудоустройства и профессионального самоопределения, позволяет студентам анализировать ситуацию на рынке труда, осуществлять подготовку к практической деятельности, сократить временной промежуток адаптации к требованиям работодателей. Использование возможностей современных информационных технологий решает проблему диагностичности и прогнозируемости получаемой информации о ходе и результатах социально-профессиональной адаптации выпускников.

Список литературы

1. Цыпина О.Б. Социально-профессиональная адаптация выпускников вузов: Региональный аспект: дис. … канд. социол. наук: 22.00.04. Пенза: Пенз. гос. ун-т, 2001. 177 с.

2. Программа повышения конкурентоспособности Белгородского государственного национального исследовательского университета среди ведущих мировых научно-образовательных центров на 2013–2017 гг. и на перспективу до 2020 года [Электронный ресурс]. URL: https://www.bsu.edu.ru/upload/iblock/c9f/prog_2013-17-20.pdf (дата обращения: 19.11.2018).

3. Скачкова Л.С. Адаптационное поведение молодых специалистов на рынке труда: концепция, факторы, инструментарий: автореф. дис. ... канд. экон. наук. Ростов-на-Дону, 2011. 26 с.

4. Прокофьев О.В., Семочкина И.Ю. Профессиональная адаптация выпускников вуза на рынке труда // Информатизация образования и науки. 2011. № 2 (10). С. 116–126.

5. Терзи Н.В. Профессиональная адаптация выпускников вузов в современных условиях (на примере Приднестровской Молдавской республики): автореф. дис. … канд. эконом. наук. Москва: Изд-во ННОУ ВПО «Московский гуманитарный университет», 2009. 23 с.

6. Многоуровневый личностный опросник «Адаптивность» (МЛО-АМ) А.Г. Маклакова и С.В. Чермянина // Практическая психодиагностика. Методики и тесты: учебное пособие / Ред. и сост. Д.Я. Райгородский. Самара: Издательский Дом «БАХРАХ-М», 2006. С. 549–672.

7. Авраменко В.Г. Личностный адаптационный потенциал как фактор успешной адаптации выпускника вуза к профессиональной среде // Вестник Московской государственной академии делового администрирования. Серия: Философские, социальные и естественные науки. 2011. № 3. С. 157–164.

8. Беликова Т.П., Гордеева Н.О., Палашева И.И. Использование возможностей информационных технологий для содействия трудоустройству и профессиональной адаптации выпускников вуза // Экономика образования. 2018. № 2. С. 108–117.

УДК 378:372.8

ОСОБЕННОСТИ ПРОСТРАНСТВЕННО-ПРОЕКТНОГО МЫШЛЕНИЯ В КОНТЕКСТЕ ОБЩЕЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ПОДГОТОВКИ

Данченко Л.В., Туктамышов Н.К.

ФГБОУ ВПО «Казанский государственный архитектурно-строительный университет», Казань, e-mail: info@kgasu.ru

Актуальность исследования связана с высокими требованиями к архитектурному образованию. Архитектор стремится к гармонии архитектуры, сложности линий и оригинальности форм, их многообразию. Организация пространственных элементов, манипулирование ими для формообразования объекта и отображение результата составляют совокупность пространственного и проектного мышления, что связано с методологией его практики. Целью исследования является выявление особенности формирования пространственно-проектного мышления в контексте профессии архитектора и общей архитектурной подготовки. Начертательная геометрия напрямую связана с архитектурным проектированием через изучение формообразования, возможностей визуализации. Для проведения экспериментальной оценки роли пространственно-проектного мышления для архитектурного творчества разработан комплекс заданий по образованию поверхностей в архитектуре. Теоретической базой являются понятия точки, линии, плоскости, манипулирование которыми позволяет создать геометрический образ, поверхность и архитектурный объект в целом. Важной характеристикой процесса проектирования сооружения является использование элементов теоретического и практического пространства по правилам геометрии, с которыми знакомятся студенты – будущие архитекторы, в первую очередь с ортогональными проекциями точки, прямой, плоскости различного положения, их свойств, с возможностью преобразования их изображения. Результативность развития пространственно-проектного мышления оценивалась по итогам выполнения задания «Образование поверхностей».

Ключевые слова: пространственное и проектное мышление, графическая подготовка архитекторов, формообразование, начертательная геометрия, геометрический образ, пространственная структура

FEATURES OF SPATIAL AND DESIGN THINKING IN THE CONTEXT OF GENERAL ARCHITECTURAL TRAINING

Danchenko L.V., Tuktamyshov N.K.

Kazan State University of Architecture and Engineering, Kazan, e-mail: info@kgasu.ru

The relevance of the study is associated with high requirements for architectural education. The architect strives for harmony of architecture, complexity of lines and originality of forms, their diversity. The organization of spatial elements, the manipulation of them for the shaping of an object and the display of the result constitute a combination of spatial and project thinking, which is connected with the methodology of its practice. The aim of the study is to identify the features of the formation of spatial-design thinking in the context of the profession of the architect and general architectural training. Descriptive geometry is directly connected to architectural design through the study of shape, visualization capabilities. To carry out an experimental assessment of the role of spatial design thinking for architectural creativity, a complex of tasks on the formation of surfaces in architecture has been developed. The theoretical basis is the concepts of points, lines, planes, the manipulation of which allows you to create a geometric image, surface and architectural object as a whole. An important characteristic of the structure design process is the use of elements of the theoretical and practical space according to the rules of geometry that students – future architects are familiar with, primarily with orthogonal projections of a point, line, plane of different position, their properties, with the ability to transform their image. The effectiveness of the development of spatial design thinking was assessed according to the results of the task «Formation of surfaces».

Keywords: spatial and design thinking, graphic preparation of architects, shaping, descriptive geometry, geometric image, spatial structure

Все возрастающие требования к качеству профессиональной подготовки архитектора показывают необходимость формирования важнейшего для архитектора наряду с художественным и пространственного мышления как необходимой составляющей проектного мышления, а также их общих геометрических характеристик. «Прошли века, но роль геометрии в архитектуре не изменилась. Она по-прежнему остается грамматикой архитектора» (Ле Корбюзье). Создавая уникальные решения, архитектор использует геометрические построения на плоскости, моделирует объемы и пространственные структуры. Геометрические характеристики пространственно-проектного мышления архитектора проявляются через стремление к гармонизации архитектурных форм, их оригинальности и многообразию; к сложности линий и сочетаний объемов, что продиктовано окружающей исторической и эмоциональной средой; и в конечном итоге к полной свободе формотворчества [1].

Цель исследования состоит в выявлении особенности формирования пространственно-проектного мышления будущих архитекторов посредством геометро-гра-

фических дисциплин, а именно начертательной геометрии и графики. В системе архитектурной подготовки начертательная геометрия и графика непосредственно связаны с обучением основам архитектурного проектирования через изучение возможностей визуализации архитектурных объектов, способов формообразования, моделирования и отображения результата. Связка пространственного и проектного мышления выполняет развивающую функцию и максимально приближена к архитектурной деятельности через применение модифицированного проектно-аналогового метода [2].

Материалы и методы исследования

Вопросы формирования профессионального мышления изучались в работах Н.Ф. Метленкова, А.Л. Кудрявцева, А.В. Степанова. Дидактические основы оптимизации геометро-графической подготовки исследовались Ю.П. Короевым, М.И. Тосуновой, М.И. Макаровой, Ф.Д.К. Чинь. Структуру и специфику пространственного мышления изучали Е.А. Сысоева, Л.П. Русинова, И.А. Суленко, Н.В. Федотова, согласно которым пространственное мышление есть особый вид мыслительной деятельности, связанной с ориентированием в теоретическом и практическом пространстве [3]. Проектное мышление связано с методологией профессиональной деятельности архитектора, умением отобразить проектируемый объект, его контекстный образ [4]. Исследование касалось развития у студентов-архитекторов пространственно-проектного мышления, необходимого для формотворчества в архитектуре. С этой целью был разработан комплекс заданий по созданию и отображению поверхностей и их применению в архитектуре. Проектная составляющая является определяющей, и, соответственно, учебный процесс опирается на совокупность действий и операций и их определенную последовательность, что соответствует технологии применения модифицированного проектно-аналогового метода обучения, в том числе и начертательной геометрии [2].

Профессионализм архитектора опирается на понимание профессии, освоение необходимой базы теоретических знаний, овладение методом практической деятельности, связанной с организацией пространственных элементов, манипулирования ими для формообразования конкретного объекта и графическим отображением результата, – «методом архитектора», то есть методом создания и изображения архитектурных решений, что и составляет совокупность пространственного и проектного мышления архитектора, связанную с методологией его практической деятельности. Возможность осуществления проектной практической деятельности и, соответственно, пространственно-проектного мышления основана на комплексе соответствующих знаний и умений, а также способности прямого усмотрения будущего архитектурного решения на основе интуиции, использования единичных факторов для определения общего смысла объекта, конструкции и путей ее воспроизведения, через творческое воображение оперировать пространственными и объемными структурами. В данном контексте, теоретической базой можно считать знание простых геометрических образов, точки, линии плоские и пространственные, плоскости, при манипулировании которыми возможно создание по геометрическим законам поверхностей и затем архитектурного объекта как их целостного образа.

Система подготовки архитекторов уже предполагает наличие у них способности ориентироваться в пространстве и видеть его элементы, воспринимать и воспроизводить их, графических способностей для подобного воспроизведения. Таким образом, можно утверждать, что интеграция способностей, пространственного усмотрения и ориентирования лежит в основе геометро-графического отображения самого пространства, его элементов, архитектурного объекта в целом и его замысла [2].

Пространственно-проектное мышление архитектора предполагает совокупность художественных способностей воспроизведения замысла архитектурного объекта, наглядно-образного и пространственного мышления, творческого воображения для создания объекта, кроме того при обучении будущий архитектор: оперирует системой теоретических знаний и практических умений по отображению предметно-пространственных структур (образование поверхностей по заданным геометрическим условиям, их взаиморасположение); развивает способности к формотворчеству, созданию проектов архитектурных образов (объемно-планировочное решение и идейно-художественное содержание, связанное со стилистическими, конструктивными особенностями); определяет взаимосвязь между человеком и пространством, зданием и пространством, масштабом отдельного элемента, человека и окружения; овладевает проектными методами создания формы, проектной графикой, геометро-графическими процедурами визуализации.

Мысленное создание геометрических образов предполагаемых архитектурных решений и умение оперировать данными образами, преобразовывать их определяет пространственное мышление и напрямую связано с их графической визуализацией.

Основой визуализации служит понятие проецирования и проекции ортогональной или перспективной. Постижение «метода архитектора» происходит через создание графического образа, отображение мысленно созданного объекта, осмысление положения его в пространстве, геометрии композиции и технологии формообразования.

Проектное мышление является результатом взаимодействия пространственного мышления и навыков проектирования. Пространственное мышление подразумевает создание архитектурного образа, оперирование им в пространстве, формирование самих пространственных структур и дальнейшая визуализация. Такой исходной единицей может быть геометрическая форма объекта, отвечающая условиям образования и назначения, мысленно созданный образ, который требует визуализации и проработки, предполагающей возможность моделирования формы, изменения расположения, преобразования и т.п. Пространственное мышление получает развитие у студентов посредством геометро-графических дисциплин, начертательной геометрии в частности [5]. Тем не менее мысленное создание образа архитектурной формы, как исходной единицы, сформировано у большинства студентов на довузовском этапе, к которому относится обучение на подготовительных курсах. Поскольку подготовка проводилась по трем направлениям (рисунок, черчение, композиция), то, можно сказать, разви-

тие образного и пространственного мышления производилось во взаимодействии трех аспектов: образное восприятие и художественное воспроизведение, графическая визуализация и наглядное изображение, манипуляции с элементами пространства. В свою очередь, графическая визуализация проводилась на основе ортогонального проецирования и аксонометрии, с использованием геометрических построений и требований к изображению, приобретением навыков использования инструментария.

Ортогональное проецирование в рамках конкурсных испытаний не требовало действий по созданию объекта, он был уже задан. Задача заключалась в построении проекций (видов) готового конкретного объекта графически точно, что и определяет базовый уровень развития пространственно-проектного мышления, связанный с узнаваемостью формы для ее правильного воспроизведения. Вид предмета определяется его визуальными свойствами, к которым относятся форма и освещенность. Узнаваемость объекта и его формы по однозначному точечному соответствию элементов изображения и его образа происходит в соответствии с заданными условиями изображения.

Тем не мене сложности восприятия пространства и его элементов сохранились примерно у 40 % студентов, как показал первичный анализ, проведенный после первого месяца обучения геометро-графическим дисциплинам, не все студенты справляются в равной степени с оперированием пространственными образами. Проведение оценки первичного состояния готовности к обучению архитектурной профессии на основе результатов вступительных испытаний показало, что все студенты в равной степени владеют умениями и навыками графической визуализации. Для первичной диагностики были сформированы две группы студентов:

1 гр. – прошли предварительную подготовку в большом объеме (подготовительные курсы в течениие 5 или 8 месяцев) – 42 человека.

2 гр. – прошли только интенсивную подготовку в рамках 1-месячных курсов перед экзаменом – 35 человек.

Задания направлены на четкое представление трехмерного объекта в пространстве: определение положения точки в октанте пространства по ее ортогональной проекции, ее основных параметров – глубина и высота; определение положения прямой линии относительно плоскостей проекций; представление о следе прямой как воображаемой точки; определение взаиморасположения прямых линий, понимание принадлежности точки линии; геометрические определители плоскости, расположение плоскостей в пространстве, правила принадлежности.

По результатам выполнения первых текущих заданий по ортогональному проецированию точки, прямой и плоскости видно, что студенты, которые планомерно в течение года проходили предварительную подготовку легко самостоятельно справились с задачами (87 %). Студенты 2 гр., прошедшие только интенсивную подготовку в течение месяца, испытывали трудности с восприятием геометрического пространства, т.е. с заданиями без подсказки справились только 59 % обучающихся. Интенсивная, но фрагментарная подготовка была направлена прежде всего на успешное преодоление вступительных испытаний по черчению, но недостаточна для пространственно-проектного мышления и восприятия будущего архитектурного объема или структуры.

Важной характеристикой процесса проектирования сооружения является использование элементов теоретического и практического пространства по правилам геометрии, с которыми знакомятся студенты – будущие архитекторы, в первую очередь с ортогональными проекциями точки, прямой, плоскости различного положения, их свойств, с возможностью преобразования их изображения. Овладение соответствующими знаниями есть теоретическая база развития пространственно-проектного мышления, позволяющая вплотную подойти к архитектурному формообразованию. Между элементами пространства можно устанавливать различные соответствия, осуществлять его преобразование и отображение [5, 6].

Анализ положения точки и прямой в пространстве, а также их взаиморасположения позволяет в дальнейшем производить манипуляции с пространственными структурами на основе анализа пространственных элементов (точка, прямая), их свойств и взаиморасположения: проекции пересекающихся прямых, параллельных прямых, скрещивающихся прямых, проецирование прямого угла и проведение плоскостей, их положения в пространстве. Стандартизированные задачи начертательной геометрии представляют собой двухмерный геометрический аппарат, набор алгоритмов для исследования свойств геометрических объектов и манипуляций с ними в процессе формообразования. Манипулирование предполагает трансформацию исходных данных, изменения пространственного положения и возможность создания новых. Кроме того, плоскость проекций является моделью пространства, на которой способами моделирования выполняется изображение заданной формы возможного архитектурного объекта [5]. Именно при теоретическом описании пространственно-проектного мышления выявляется отставание студентов, не имеющих широкой многоаспектной подготовки. Они испытывают трудности с идентификацией пространственного положения геометрического элемента. Преодолеть подобные трудности во многом помогают информационные технологии при построении 3D моделей, а также совместная работа по подготовке в сфере пространственных искусств и комплексные задания по стержневой дисциплине «Архитектурное проектирование» [7].

Тем не менее основополагающим для будущего архитектора является геометрическое моделирование и формообразование, овладение различными способами образования поверхностей, как теоретическими, так и практическими, что напрямую связано с проектной деятельностью. Выявление особенностей образования формы, связей между пространственными элементами, взаимозависимости и взаиморасположения позволяет будущему архитектору ориентироваться в пространстве, создавать архитектурные формы и геометрически их обосновывать. Результативность развития пространственно-проектного мышления оценивалась по итогам выполнения задания «Образование поверхностей». Студенту предлагались геометрические условия образования поверхностей вращения, линейчатой и винтовой, по которым необходимо создать новый объект и построить его ортогональные проекции. Кроме того, описать полученный объект и найти его аналоги в архитектурной практике. Задание позволяет погрузиться в проектную деятельность и идентифицировать себя как архитектора, что вызывает интерес у студентов. При выполнении данного задания студентам требовалось четкое представление

в деталях архитектурного объекта: анализ поставленной задачи и ее разделение на составляющие; синтез геометрических объектов в единое целое; определение и выделение значимых определителей объекта и действия с ними.

Анализ геометрической формы объекта является основой понимания его конструкции, технологии выполнения изображения. Именно вторая фаза связана со способностью четко представлять трехмерный объект в деталях, с ориентацией в пространстве, видоизменением объекта, его трансформацией и графической визуализацией в ортогональных и перспективных проекциях.

Анализируя и классифицируя поверхности по способу их образования, студенту предлагается создать новую поверхность по заданным геометрическим условиям; выявление образующей, оси вращения, направляющих и т.п. Исходные данные представляют собой геометрические условия формообразования и ортогонального проецирования поверхности (поверхности вращения, линейчатой и винтовой). Необходимо создать поверхность, ортогонально спроецировать, подчеркнув способ образования, дать название и определить инцидентность точки и линии на поверхности.

Важной составляющей задания является выявление полученных поверхностей в существующей архитектурной практике.

Геометрический образ поверхности необходимо представить наиболее наглядно. Для этого предлагалось использовать специальные разделы начертательной геометрии: построение теней, аксонометрия и перспектива. Анализ и использование освещенности, определение расположения источника света, точки наблюдения и т.п. связаны с ориентированием в пространстве, представлением объекта в пространстве и решением проектной задачи визуализации объекта, что и составляет практику использования пространственно-проектного мышления.

Результаты исследования и их обсуждение

При выполнении работы у 32 % студентов возникли трудности с идентификацией поверхности и способа ее образования, что не позволило подобрать примеры из реальной архитектурной практики. Большинство из них имели неполную предварительную подготовку на подготовительных курсах и в детской архитектурной школе, которая проводится с целью успешного преодоления конкурса и дальнейшего обучения в вузе. Дальнейший опрос показал, что у студентов данной группы отсутствовало понимание самой поверхности, связанное в том числе с теоретическими знаниями. Преодоление проблемы увидели на основе совместных консультаций по выполнению задания и курсового проекта по дисциплине «Основы архитектурного проектирования». Более 50 % студентов справились с заданием при наличии консультации преподавателя как руководителя проекта, что не противоречило применению модифицированного проектно-аналогового метода. 18 % из общего числа студентов выполнили задание в полном объеме с помощью преподавателя, так как присутствовала неуверенность в правильности решения. В этой связи вместо абстрактного геометрического образа была предложена конкретная архитектурная форма, что позволило идентифицировать поверхность и способ ее образования.

Заключение

Анализ текущих результатов позволил определить структуру пространственно-проектного мышления будущего архитектора: анализ и определение геометрических условий создания объекта с помощью операций: синтез отдельных элементов создаваемого объекта, изменение его положения в пространстве (преобразование объекта, изменение положения оси вращения, построение сечений и вырезов); обобщение и создание целостного образа объекта, используя в том числе расположение источника света или точки наблюдения (освещенность, перспективные проекции).

Кроме того, систему геометро-графической подготовки в направлении развития пространственно-проектного мышления можно разделить на две фазы: 1 фаза – теоретические знания, решение метрических задач; 2 фаза – практико-ориентированные знания, геометрической формы, их взаиморасположение, придание наглядности.

Особенности формирования пространственно-проектного мышления посредством начертательной геометрии:

Ориентация в пространстве: понятие модели пространства, октантов пространства; координаты точки, ее удаленность; расположение линий, плоскостей; определение плоскостей. Четкое представление пространственных структур в деталях.

Манипуляции в пространстве: преобразование ортогональных проекций; вращение точки, линии, плоскости; изменение направления проецирования, замена плоскостей проекций, решение метрических задач. Анализ пространственных свойств и отношений, операции с пространственными структурами настоящими и воображаемыми.

Создание нового объекта, преобразование заданного: понятие очерка и каркаса поверхности, образование поверхности по исходным геометрическим определителям; анализ и синтез поверхностей, их применение в архитектуре; решение позиционных задач. Трансформация исходных пространственных структур и создание новых.

Отображение пространства и его элементов: повышение наглядности, перспектива и тени. Создание пространственных образов и структур, их визуализация в динамике.

Список литературы

1. Данченко Л.В., Туктамышов Н.К. Модифицированный проектно-аналоговый метод обучения будущих архитекторов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 5 [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=22283 (дата обращения: 22.11.2018).

2. Данченко Л.В., Туктамышов Н.К. Технологическая схема применения модифицированного проектно-аналогового метода обучения в архитектурно-строительном вузе // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 2 [Электронный ресурс]. URL: http://www.scienceeducation.ru/ru/article/view?id=27441 (дата обращения: 22.11.2018).

3. Федотова Н.В., Суленко И.А. О необходимости формирования пространственного мышления // Современные наукоемкие технологии. 2008. № 8. С. 44–47.

4. Лагунова М.В., Жилина Н.Д. Концептуальные идеи геометро-графической подготовки в дизайн-образовании в рамках компетентностного подхода // Приволжский научный журнал. 2012. № 2. С. 224–228.

5. Короев Ю.П. Начертательная геометрия. 2-е изд.: учеб. пособие для арх. специальностей вузов. М.: Архитектура-С, 2006. 423 с.

6. Климухин А.Г. Тени и перспектива: учебник для вузов. М.: Архитектура-С, 2010. 200 с.

7. Метленков Н.Ф. Моделирование учебного архитектурного проектирования // Архитектура и строительство России. 2009. № 6. С. 1–17.

УДК 373.3:37.012

ДИАГНОСТИКА ЭМОЦИОНАЛЬНОГО ОТНОШЕНИЯ МЛАДШИХ ШКОЛЬНИКОВ К НРАВСТВЕННЫМ ЦЕННОСТЯМ

Дурнева Т.В., Гринева Е.А., Чернова Т.В.

Ульяновский государственный педагогический университет имени И.Н. Ульянова, Ульяновск, e-mail: t_durneva@bk.ru

В статье уточнена сущность и структура понятия «нравственные ценности», рассмотрены разные подходы к определению «ценность», раскрыты особенности формирования нравственных ценностей в младшем школьном возрасте. Авторы сходятся во мнении, что задачей нравственных ценностей является формирование таких составляющих, как сознание, поведение и чувства с опорой на нравственность. Ценности становятся во главу жизненной позиции человека, чем объясняется его поведение, действия и отношения. Педагогика раскрывает основные принципы формирования нравственного сознания и поведения. В соответствии с Законом «Об образовании» Федерального государственного стандарта общего образования духовно-нравственное развитие, воспитание и социализация обучающихся рассматриваются как задачи первостепенной важности. В Концепции духовно-нравственного развития и воспитания личности гражданина России определены базовые национальные ценности: патриотизм, социальная солидарность, гражданственность, семья, труд и творчество, наука, традиционные российские религии, искусство и литература, природа, человечество. В работе предложены критерии и показатели сформированности эмоционально-ценностного критерия, представлены результаты диагностики нравственных ценностей младших школьников на основе методики Р.Р. Калининой «Сюжетные картинки».

Ключевые слова: ценности, нравственные ценности, формирование нравственных ценностей у младших школьников, эмоционально-ценностный критерий

DIAGNOSTICS EMOTIONAL ATTITUDE OF JUNIOR SCHOOLCHILDREN TO MORAL VALUES

Durneva T.V., Grineva E.A., Chernova T.V.

Ulyanovsk State Pedagogical University named after I.N. Ulyanov, Ulyanovsk, e-mail: t_durneva@bk.ru

In this article the point and the structure of the concept «moral values» are clarified, different approaches to the definition of «value» are examined, the peculiarities of the formation of moral values at junior school age are revealed. The authors agree that the task of moral values is the formation of such components as consciousness, behavior and feelings based on morality. Values become the head of a person's life position, which explains his behavior, actions and relationships. Pedagogy reveals the basic principles of formation of moral consciousness and behavior. In accordance with the Law «on education» of the Federal state standard of General education, spiritual and moral development, education and socialization of students are considered as tasks of paramount importance. The Concept of spiritual and moral development and education of the individual citizen of Russia defines the basic national values: patriotism, social solidarity, citizenship, family, work and creativity, science, traditional Russian religions, art and literature, nature, humanity. In this paperwork the criteria and the indicators of the formation of emotional-value criterion are suggested, the results of diagnostics of moral values of junior pupils are given, based on R.R. Kalinina's methodology «Subject Pictures».

Keywords: values, moral values, the formation of moral values of junior pupils, emotional-value criterion

В настоящее время особо остро стоит проблема духовно-нравственного развития подрастающего поколения. Современное образование в Российской Федерации делает акцент на возрождение базовых национальных ценностей в сознании граждан, что подтверждается в основных документах, регламентирующих образовательный процесс.

В соответствии с Законом «Об образовании» Федерального государственного стандарта общего образования духовно-нравственное развитие, воспитание и социализация обучающихся рассматриваются как задачи первостепенной важности. В Концепции духовно-нравственного развития и воспитания личности гражданина России определены базовые национальные ценности: патриотизм, социальная солидарность, гражданственность, семья, труд и творчество, наука, традиционные российские религии, искусство и литература, природа, человечество [1, с. 5]. В процессе проведения исследования была уточнена сущность понятий «ценность», «нравственные ценности».

В философском словаре под редакцией И.Т. Фролова понятие «ценность» рассматривается как «специфически социальные определения объектов окружающего мира, выявляющих их положительное или отрицательное значение для человека или общества: благо, добро и зло, прекрасное и безобразное, заключенные в явлениях общественной жизни и природы» [2, с. 617].

В психолого-педагогическом словаре Е.С. Рапацевича понятие «ценности» опреде-

ляется с точки зрения истолкования объектов, явлений, их свойств, а также абстрактных идей, воплощающих в себе общественные идеалы и выступающих благодаря этому как эталон должного [3, с. 843].

Ценности тесно связаны с нравственными категориями, а также с отношением человека к окружающему миру.

Современный образовательный процесс акцентирован на развитие сознания граждан, основой которого являются нравственные ценности. А.В. Кирьякова отмечает, что суть нравственных ценностей заключается в том, что они помогают руководствоваться человеку своим поведением в рамках основных категорий «добра и зла»; через их осознание формируется стойкое нравственное мышление, которое охватывает принципы и поступки личности. Имея свою систему ценностей, человек совершает основные оценочные действия и поступает так, как велит ему «совесть» [4, с. 139].

Авторы сходятся во мнении, что задачей нравственных ценностей является формирование таких составляющих, как сознание, поведение и чувства с опрой на нравственность. Ценности становятся во главу жизненной позиции человека, чем объясняется его поведение, действия и отношения. Педагогика раскрывает основные принципы формирования нравственного сознания и поведения [5, с. 65].

На основе анализа философско-этической и психолого-педагогической литературы (Т.Ю. Артюгина, Т.С. Каранченцева, Ю.В. Ларин, А.И. Титаренко) в нашем исследовании процесс овладения духовно-нравственными ценностями подразумевает структурные компоненты: мотивационный, когнитивный, эмоционально-ценностный, деятельностный, совпадающие с компонентами формирования культуры поведения.

Мотивационный компонент рассматривает духовно-нравственные ценности с точки зрения мотива, потребности осуществлять конкретный тип поведения. Когнитивный компонент раскрывает смысловую составляющую ценностей для конкретной личности. Деятельностный компонент затрагивает использование ценностей в повседневной жизни, обуславливает выбор своего поведения по отношению к конкретному явлению, объекту окружающего мира. Эмоционально-ценностный отражает эмоциональное и оценочное отношение личности к духовно-нравственным ценностям.

Целью исследования стала диагностика сформированности эмоционально-ценностного критерия нравственных ценностей. В рамках данной работы «нравственные ценности» рассматриваются в качестве социального ориентира, основы нравственного поведения, определяющей поведение личности. Нравственные ценности выступают не просто в качестве ведущего компонента, но и проникают во все сферы деятельности человека. Л.М. Архангельский определяет ценностные ориентации как «фактор мотивации поведения личности, основой ее личностного выбора и социальных поступков» [6, с. 75].

Формирование нравственных ценностей происходит в разные возрастные периоды и является непрерывным многолетним процессом. Центральным звеном в формировании нравственных ценностей, несомненно, является семья и близкое окружение, но немаловажную роль играет образовательная среда того учреждения, где обучается ребенок. Каждый возрастной этап характеризуется своими новообразованиями в области нравственного воспитания.

В.Н. Мясищев выделяет в отношении «эмоциональную», «когнитивную» (познавательную) и «конативную» (поведенческую) стороны [7, с. 11]. Исходя из соответствия структуры ценностей и отношений, компоненты нравственных ценностей будут повторять название компонентов отношения.

Познавательный (оценочный) компонент нравственных ценностей показывает, насколько отношение к миру соответствует нравственному содержанию и оценке поведения другого человека. Поведенческий (конативный) компонент нравственных ценностей отражает выбор личности поведения по отношению к значимым (ценным) для нее объектов среды, людей и самому себе. В поведении сказывается сознательная регуляция реагирования, вызванного объектом.

Эмоциональный компонент нравственных ценностей передает степень переживания человека по отношению к нравственным нормам и поведению, которое не соответствует им.

Эмоционально-ценностный компонент предусматривает не только выполнение младшим школьником норм и правил общения со сверстниками и взрослыми, основанных на уважении, но и осознанное эмоционально окрашенное восприятие явлений культуры. Косвенным показателем сформировавшегося ценностного отношения к явлениям культуры является способность младшего школьника не только действовать должным (надлежащим) образом, но и воздерживаться от неуместных в той или иной обстановке действий.

На эмоционально-ценностном уровне младший школьник демонстрирует оценочные реакции, поведение выстраивается

в зависимости от позитивной, нейтральной или негативной эмоционально окрашенной оценки явления искусства и культуры, собственно творчество побуждает к ценностному отношению к обществу.

Таким образом, процесс формирования нравственных ценностей будет соответствовать данным компонентам и определение его эффективности обуславливает необходимость определения критериев диагностического аппарата.

Материалы и методы исследования

Приведем описание диагностики одного из компонентов нравственных ценностей – эмоционально-ценностного, поскольку именно он является центральным в силу возрастных особенностей младших школьников. На констатирующем этапе эксперимента в сентябре 2015 г. нами была проведена диагностика сформированности эмоционально-ценностного компонента нравственных ценностей младших школьников. В исследовании участвовали пять первых классов МБОУ СШ № 35 г. Ульяновска в количестве 120 человек.

Итак, каждому критерию были подобраны показатели, отражающие суть, учитывающие содержание каждого компонента и возрастные особенности младших школьников. Опираясь на данные критерии и показатели, мы можем выделить уровни развития нравственных ценностей у младшего школьника и их характеристику.

Высокий уровень сформированности нравственности у младших школьников характеризуется наличием мотивов, связанных с чувством долга, ответственности перед другими людьми. Ребенок умеет адекватно оценить свой поступок с точки зрения нравственности, преобладают такие качества личности, как самокритичность, требовательность к себе. Хорошо усвоены нравственные нормы и сложилось устойчивое отношение к ним. В поведении достаточно полно проявляются такие ценные качества, как ответственность, совестливость, чуткость, принципиальность, справедливость.

Средний уровень сформированности нравственных ценностей у младших школьников включает частично сформированные познавательные мотивы и интересы. Ориентирование на справедливое распределение взаимопомощи между людьми. Имеются знания о нравственных нормах, но отношение к ним недостаточно устойчивое. Ребенок способен говорить о нравственных ценностях, понимает, что хорошо, а что плохо, но не всегда ценность выступает мотивом поведения ребенка.

Низкий уровень сформированности нравственных ценностей у младших школьников характеризуется приблизительными знаниями о нравственных нормах и пассивным отношением к ним. Не сложились в полной мере основные нравственные качества, в первую очередь – ответственность, совестливость и справедливость, а если и проявляются, то только ситуативно. У ребенка наблюдается неправильное представление о моральных нормах, а нравственные нормы не являются мотивами поведения ребенка.

В качестве диагностического инструментария была использована методика «Сюжетные картинки» Р.Р. Калининой, которая предназначена для изучения эмоционального отношения к нравственным нормам [8, с. 9]. Психологи отмечают, что у детей 5–9 лет активно формируются представления о нравственных составляющих: доброте, уважении, дружбе, вежливости, честности. Отличительной чертой методики является то, что она затрагивает не только когнитивный аспект (знание моральных норм), но и эмоциональный (личное отношение ребёнка к соблюдению этих норм).

Ответы и эмоциональные реакции испытуемых оценивались по следующей шкале, разработанной автором методики:

0 баллов (низкий уровень)— ребёнок неправильно раскладывает картинки (в одной стопке оказываются картинки с изображением как положительных, так и отрицательных поступков), эмоциональные реакции неадекватны или отсутствуют;

1 балл (ниже среднего) – ребёнок правильно раскладывает картинки, но не может обосновать свои действия; эмоциональные реакции неадекватны;

2 балла (средний уровень) – правильно раскладывая картинки, ребёнок обосновывает свои действия; эмоциональные реакции адекватны, но выражены слабо;

3 балла (высокий уровень) – ребёнок обосновывает свой выбор (возможно, называет моральную норму); эмоциональные реакции адекватны, ярки, проявляются в мимике, активной жестикуляции и т.д.

Следует учитывать, что оценивается не каждый ответ испытуемого, а его ответы в целом. Возрастной нормой считается результат в 3 балла, указывающий на то, что эмоциональные реакции ребёнка адекватны, а нравственные ориентиры сформированы в достаточной степени. Результат в 2 балла также считается удовлетворительным. Если ребёнок справляется с заданиями плохо, набрал 0–1 баллов, рекомендуется индивидуальная беседа с психологом, занимающимся вопросами развития.

Критерии и показатели сформированности нравственных ценностей младших школьников

Критерии	Показатели
Когнитивный (смысл)	– умение сформулировать ценность на доступном языке; – проговаривание ценности; – осознание смысла ценности для человека и общества
Эмоциональный (переживание)	– адекватность эмоциональных реакций ребенка на моральные нормы; – переживание ситуации нравственного выбора
Поведенческий (значимость)	– соответствие поведения нравственным ценностям и нормам; – проявление тех или иных норм и правил в соответствии с ситуацией; – нравственные ценности являются мотивами поведения ребенка

Стоит обратить внимание на содержание «сюжетных картинок» Р.Р. Калининой:

1) на первой картинке изображены дети, которые вместе играют на детской площадке, делясь друг с другом кубиками, эмоции позитивные и доброжелательные. В противоположность ей картинка, где дети дерутся из-за игрушек, эмоции негативные и агрессивные;

2) на второй картинке представлены дети, которые делятся друг с другом сладостями за общим столом, демонстрируется чувство доброжелательности и открытости. Противоположная картинка отражает жадность ребенка, который ест сладости, пока никто из детей его не видит;

3) на третьей картинке изображен ученик за выполнением домашнего задания, который ленится и не хочет его делать; также демонстрируется картинка с ребенком, который старательно выполняет домашнее задание;

4) на четвертой картинке изображены взрослый и ребенок, при этом демонстрируется их взаимодействие в ходе совместной рыбалки: старший учит младшего. В противовес показана картинка, где старший дразнит маленького.

Результаты исследования и их обсуждение

На основе предложенной характеристики были получены и проанализированы результаты исследования по методике Р.Р. Калининой «Сюжетные картинки» в первых классах, которые отражены в диаграмме.

Уровни сформированности эмоционально-ценностного компонента нравственных ценностей

Высокий уровень сформированности эмоционально-ценностного компонента нравственных ценностей составил 22% (26 человек). Дети обосновывали свой выбор, при этом наблюдались адекватные эмоциональные реакции на моральные нормы.

Со средним уровнем сформированности эмоционально-ценностного компонента нравственных ценностей среди учащихся первых классов было выявлено 36% (43 человека). Дети правильно раскладывали картинки, обосновывая свои действия, но при этом наблюдались слабые эмоциональные реакции на моральные нормы.

Уровень ниже среднего наблюдается у 13% (15 человек). Дети правильно раскладывали картинки, но не могли обосновать свои действия; наблюдались неадекватные эмоциональные реакции на моральные нормы.

С низким уровнем сформированности эмоционально-ценностного компонента нравственных ценностей в первых классах учатся 29% (37 человек). Дети неправильно раскладывали картинки, не разделяя отрицательные и положительные поступки, при этом наблюдалось отсутствие эмоциональных реакций.

Выводы

Полученные результаты свидетельствуют о недостаточной сформированности эмоционально-ценностного компонента нравственных ценностей у младших школьников и необходимости работы над их формированием. В связи с этим в качестве перспективы исследования следует отметить разработку комплекса заданий по формированию эмоционально-ценностного компонента нравственных ценностей.

Младший школьный возраст является наиболее сензитивным для формирования нравственных ценностей, особенно эмоционально-нравственного компонента в силу эмоциональной отзывчивости. Необходимо именно в этот период сформировать у человека нравственные ценности, которые станут основанием для духовно-нравственного развития, а также возрождения базовых национальных ценностей у подрастающего поколения.

Список литературы

1. Данилюк А.Я., Кондаков А.М., Тишков В.А. Концепция духовно-нравственного развития и воспитания личности гражданина России. М.: «Просвещение», 2019. 29 с.

2. Фролов И.Т. Философский словарь / Под ред. И.Т. Фролова. М.: Республика, 2014. 719 с.

3. Рапацевич Е.С. Новейший психолого-педагогический словарь. Беларусь: Интерпрессервис, 2013. 928 с.

4. Кирьякова А.В. Педагогическая аксиология: учебное пособие. М.: НИЦ ИНФРА-М, 2016. 283 с.

5. Баева Л.В. Ценностные основания индивидуального бытия: Опыт экзистенциальной аксиологии. М.: Прометей. МПГУ, 2003. 70 с.

6. Сластенин В.А., Чижакова Г.И. Введение в педагогическую аксиологию: учеб. пособие для студ. высш. пед. учеб. заведений. М.: Издательский центр «Академия», 2013. 192 с.

7. Мясищев В.Н. Психология отношений. М.: МПСИ, 2014. 400 с.

8. Дерманова И.Б. Диагностика эмоционально-нравственного развития. СПб., 2012. 35 с.

УДК 37.013:377.3

СТРАНИЦЫ ИСТОРИИ ЯРАНСКОГО ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ТЕХНИКУМА: ДОРЕВОЛЮЦИОННЫЙ ПЕРИОД

Кравченко Т.А., Чибаков А.С.

КОГПОАУ «Яранский технологический техникум», Яранск, e-mail: chas375@yandex.ru

Статья обращается к истории профессиональной образовательной организации, возникшей полтора века назад одной из первых в непромышленном регионе России. Обращение к теме объясняется научно-познавательным интересом и уважительным отношением к источникам информации, изложенным в них фактам и сведениям, значимым для авторов. При этом в центре событий остаются личности, формировавшие своими решениями будущее, которое теперь предстает как прошлое. В работе, являющейся первой частью цикла из трех публикаций, исследуется предыстория и выясняются предпосылки возникновения в городе Яранске Вятской губернии учебного заведения по подготовке мастеров-кустарей. Изучаются исторические документы – проект на открытие, акт о стоимости содержания, Положение о школе, материалы разных изданий, – позволяющие представить причины, побудившие к созданию провинциального учебного заведения, и погрузиться в обстановку первых десятилетий его существования до революционных событий 1917 г. Перечисляются направления подготовки ремесленников и приводятся аргументы местной власти о целесообразности обучения по ним. Обращается внимание на вклад земства в становление образования в Яранском уезде и оценивается влияние профессионального образования на экономическое и культурное развитие уезда и губернии в конце XIX – начале XX в.

Ключевые слова: история профессионального образования, образование в Вятской губернии и Яранском уезде, земство и развитие образования, ремесленная школа, мастерская по подготовке ремесленников-кустарей

PAGE HISTORY YARANSK TECHNOLOGY COLLEGE: THE PRE-REVOLUTIONARY PERIOD

Kravchenko T.A., Chibakov A.S.

KOGPOAU «Yaransk Technological College», Yaransk, e-mail: chas375@yandex.ru

The article refers to the history of professional educational organization that emerged a century and a half ago as one of the first in the non-industrial region of Russia. The appeal to the topic is explained by the scientific and cognitive interest and respect for the sources of information, the facts and information contained in them, significant for the authors. At the same time, in the center of events are the personalities who formed the future with their decisions, which now appears as the past. In the work, which is the first part of the cycle of three publications, the background is studied and the prerequisites for the emergence in the city of Yaransk of the Vyatka province of an educational institution for the training of artisans are clarified. We study historical documents – the project on opening, the act of cost of maintenance, the regulations of the school, the materials of different publications, to be able to present the reasons which led to the establishment of provincial educational institutions, and immerse yourself in the atmosphere of the first decades of its existence before the revolutionary events of 1917. Lists areas of training of artisans and the arguments of the local authorities about the feasibility of training sessions. Attention is drawn to the contribution of Zemstvo to the formation of education in Yaransky district and the impact of vocational education on the economic and cultural development of the County and province in the late XIX – early XX century.

Keywords: history of professional education, education in Vyatka province and Yaransk district, zemstvo and development of education, craft school, workshop for training artisans-artisans

История — свидетельница веков, факел истины, душа памяти, наставница жизни.

Марк Туллий Цицерон

Событием в общественной жизни города Яранска и сфере образования Кировской области в 2018 г. стало 145-летие создания одной из первых на вятской земле ремесленной школы. Дата не юбилейная, а предшествующая торжествам, и в историческом масштабе, если, например, сравнить с основанием по указу Ивана Грозного в 1584 г. города-укрепления Яранска, не многовековая, но за ней заслуживающий уважения труд поколений и путь развития от кустарной мастерской до современной профессиональной образовательной организации.

Стремление выяснить предпосылки возникновения Яранской ремесленной школы, изучить и обобщить факты и исторические сведения о ее развитии мотивирует авторов обратиться к архивным материалам, документам прошлого и воспоминаниям свидетелей. В первой статье рассмотрим период до 1917 г., когда происходили подготовка, открытие и становление учебного заведения.

Начало XIX века. Административным делением 1816 г. в Вятской губернии установлено и на протяжении следующего столетия существовало 11 уездов. На юго-западной окраине вятских земель, граничащей с Казанской, Нижегородской и Костромской губерниями, находился Яранский уезд. Численность населения Яранска в тот период не составляла и 1000 жителей. Од-

нако активность местных властей, исправника Наумова и дворянина Залесского способствовали тому, что в декабре 1817 г. по распоряжению Министра народного просвещения, князя А.Н. Голицына, в городе открылись уездное и приходское училища [1]. Это были общеобразовательные учебные заведения с изучением закона Божия и сроком обучения два года.

Следует отметить, что в XVIII и XIX вв. в Яранском округе появляется значительное количество православных храмов. Дети, сыновья священнослужителей, должны были обучаться в названных заведениях, а с 1822 г. и в открывшемся духовном училище. Вознаграждение учителей составляло 100…150 руб. в год. Преподавательский состав состоял из священников, диаконов, дьячков, семинаристов. В 1867 г. в Яранске открылось женское приходское Комиссаровское училище, которое в 1872 г. преобразовано в женскую прогимназию [2]. Но учреждения профессионального образования в узде к тому времени еще не было.

Цель исследования: выяснить исторические предпосылки открытия в уездном городе одного из первых в провинциальной непромышленной губернии России учебного заведения для подготовки кустарных мастеров, представить первые десятилетия существования ремесленной школы до революционных событий 1917 г., дать оценку решениям и действиям земства по становлению образования в Яранском уезде Вятской губернии, определить влияние учреждения на экономическое и культурное развитие региона в конце XIX – начале XX в.

Материалы и методы исследования

Информация по истории Яранского технологического техникума, деятельности земства Яранского уезда Вятской губернии и по краеведению на печатных и электронных носителях составила материалы нашего исследования. Источниками исторических фактов и сведений явились фонды районного и областного архивов, сохранившиеся в краеведческом музее и образовательном учреждении документы и фотографии, воспоминания очевидцев, ресурсы сети Интернет. Библиографический список состоит из 12 пунктов, в числе которых периодическое издание позапрошлого века, публикации историков Вятского края и работы российских ученых.

Совокупность способов достижения поставленной цели включает качественный и количественный анализ фактологического материала, периодизацию, а также нарративный, историко-генетический, сравнительный, топологический и структурный методы историко-педагогического исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

Решение Яранского земского уездного Собрания в июне 1872 г. об открытии в городе школы ремесленников стало точкой отсчета в истории нашего учебного заведения. Уездной земской Управе поручалось подготовить соответствующие документы. Через три месяца, 24 сентября, на IV очередном уездном земском Собрании был представлен Доклад (рис. 1.), в котором подробно анализируются особенности производства крестьянской продукции и различных изделий, на основании чего обосновывается необходимость и отмечается польза для населения Яранского уезда от создания ремесленной школы.

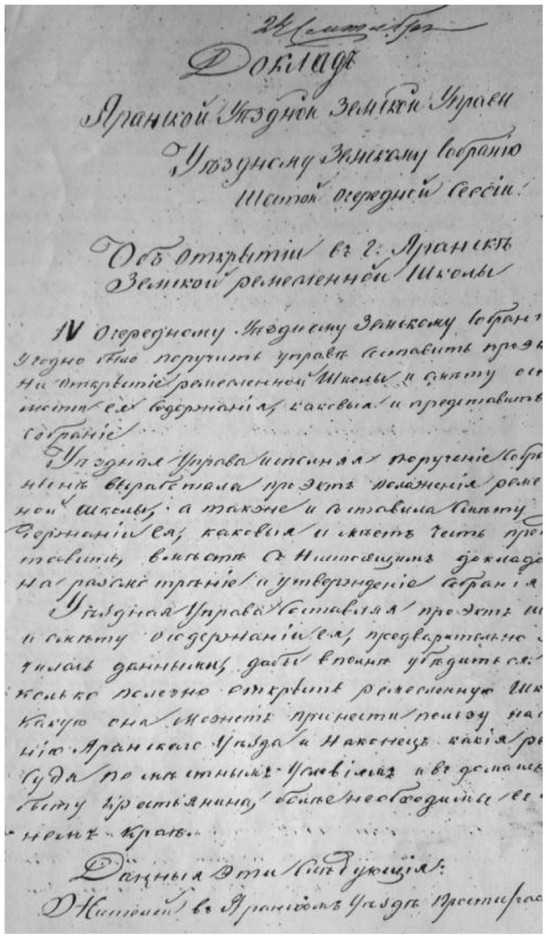


Рис. 1. Первая страница Доклада Яранской Уездной земской Управы на IV очередном уездном земском Собрании (24 сентября 1872 г.)

Комиссия, подготовившая проект открытия школы и акт ее содержания, указывает, что на всех жителей уезда не приходится и сотой части ремесленников. Многие из них не специалисты своего дела, а изделия, выполненные ими, в основном грубой работы. Слабое развитие ремесленных промыслов, по мнению докладчиков, объясняется хорошими землями нашего уезда, что по-

зволяет крестьянам получать большой урожай. Однако аргумент о возможном неурожае и неизбежной нужде крестьян в таком случае подкрепляет благо открытия школы для ремесленников.

В проекте Управы говорится о том, что жители Яранского уезда, вынуждены приобретать необходимые столярные и кузнечные изделия в соседних уездах и даже в Вятке, тогда как до неё более 200 верст, и за товар приходится переплачивать иногда вдвое. Проводя сравнение условий в Вятском и Яранском уездах, авторы Доклада приходят к выводу: наше столярное ремесло было бы лучше Вятского, поскольку наши леса обширнее. Вместе с тем отмечается необходимость кузнечного ремесла, без изделий которого не может обойтись ни одна крестьянская семья. Проведенная работа позволила отразить в документе востребованные для Яранского уезда ремесла: столярное, кузнечное, медное, жестяное, сапожное, башмачное, валеное, рукавичное, портное, выделку земледельческих инструментов.

Перспективные предложения содержатся в проекте по устройству школы. В частности, город Яранск называется как наиболее удобное место для открытия учреждения; управление будет осуществлять особый Комитет; первый набор составит 25 человек. Кроме того, предусматривалось обеспечение учащихся жильем и трехразовым питанием на протяжении всего периода обучения. Ожидалось, что поступать в школу будут преимущественно представители бедного сословия, отчего желающих учиться на таких условиях будет больше, значит, и ремесло в Яранском уезде будет развиваться быстрее.

Вызывает интерес представленная в материалах стоимость содержания учреждения. Согласно смете, уездной земской Управе надлежало выделить на школу в первый год 4936 руб. 50 копеек. Из этой суммы «господам учителям» причиталось 1490 руб. Наиболее оплачиваемым должен был стать учитель медного и жестяного ремесла. Его годовое жалование составляло 240 руб. и 60 руб. квартирных. Чуть меньше назначалось учителю столярного дела: соответственно 230 и 50 руб. Для сравнения, Смотрителю, за которым также закреплялось заведование хозяйственной частью [3], предусматривалась квартира при школе и 240 руб. годовых. Кстати, наименьший доход был у учителя по выделке земледельческих инструментов: 120 руб. жалования и 30 руб. квартирных в год. Таким образом, очевиден вывод о значимости ремесел, связанных с обработкой металлов и древесины.

Остальная сумма, а это 3446,5 руб., расписывалась на аренду здания школы, отопление, освещение, обустройство кузницы, покупку различных инструментов и принадлежностей и др. В частности, на создание библиотеки и выписку ремесленной газеты следовало потратить 20 руб. Особого внимания заслуживает размер средств, предусмотренных на содержание учащихся, который составлял 60 руб. в год на человека.

Вскоре выходит еще один документ, представляющий историческую ценность и предопределивший открытие нашего учебного заведения, а именно, проект Положения о Яранской ремесленной школе. В 13 его параграфах указаны принципы функционирования учреждения. Кратко остановимся на основных.

Содержание заведения предусматривалось на средства Земства. Желающие обучаться должны были принадлежать к числу плательщиков земского сбора по Яранскому уезду. Другие лица могли поступить на обучение либо с взысканием платы за проживание и питание, либо без пользования данными услугами. Отдельно оговаривалось обучение малоимущих учеников, которым нужно было предоставлять не только жилье и пищу, но также одежду и обувь.

Контроль за деятельностью школы возлагался на Комитет, в который входили представители от Земства и Министерства народного просвещения (член Управы), земский врач, член ревизионной комиссии и штатный Смотритель. Внутри Комитета избирался Председатель, который становился попечителем «учебного окраса». В учебном плане школа подчинялась Министерству внутренних дел, а в хозяйственном – уездной Управе.

Срок обучения намечалось установить трехлетним. Программа включала столярное, кузнечное, слесарное, валяное, токарное, медное, жестяное, каретное, сапожное, башмачное, рукавичное, шорное, переплетное, красильное, малярное ремесла и выделку земледельческих инструментов. В год открытия вводились первые пять из перечисленных видов труда. Период учебы составлял круглый год, кроме праздничных и торжественных дней.

Набор учеников должен был происходить в начале года. В порядке исключения, первый прием допускалось осуществлять в течение всего года. Поступать в школу могли ребята не моложе 15 лет, обязательно прошедшие медицинский осмотр на пригодность по состоянию здоровья и физических сил.

Количество учащихся школы в первый год должно было составить 20 человек.

В дальнейшем численность предусматривалось увеличивать с разрешения уездного земского Собрания. От учеников требовалось подобающее поведение, в противном случае допускалось исключение.

Выпускникам школы предусматривалось вручение свидетельств от имени Комитета. Лучших учеников по окончании полного курса предполагалось награждать книгами по ремеслу, а по возможности и инструментами для обзаведения собственным делом.

Указывался размер жалований учителям, совпадающий с суммой названной в Докладе. Вместе с тем и отмечалась возможность доплаты им до 50 % от выручки реализуемой продукции.

Объекты труда, изготовленные в процессе обучения, принадлежали школе. Смотритель был обязан обеспечить их сохранность, а по возможности осуществить продажу. Средства от реализации допускалось расходовать на развитие школы: покупать материалы и инструменты, пополнять библиотеку литературой, премировать учителей.

Библиотека вводилась в ведение Смотрителя школы. Все книги по ремеслу и научного характера. Планировалось выписывать из Санкт-Петербурга ремесленную газету. От учеников требовалось работать с литературой в свободное от учебы время.

Финансовый порядок школы предусматривал получение Комитетом денег из Управы на месяц вперед. Расходование финансов допускалось только членам Комитета. Все денежные обращения школы подлежали строгому контролю с предоставлением полугодовых отчетов в Управу. Кроме того, Комитет должен был ежегодно составлять в Управу подробный отчет для доклада земскому Собранию о своей деятельности.

Изучая перечисленные документы – проект на открытие, акт о стоимости содержания и Положение о Яранской ремесленной школе – можно сделать вывод о том, что местная власть со всей ответственностью и особой заботой о жителях подошла к решению актуальных задач, послуживших дальнейшему развитию уезда. В качестве базы для будущей школы была выбрана существовавшая к тому времени в городе кустарная мастерская. Благодаря своевременной и основательно проведенной подготовительной работе 19 июня 1873 г. вышло Постановление VI сессии Яранского Уездного Собрания, согласно которому принято решение «Содержание учебной мастерской принять на средства Земской Управы с наименованием в дальнейшем ее «Яранская ремесленная школа». В ней должно происходить обучение специалистов разных профессий необходимых для развития сельского хозяйства. Эту дату мы считаем днем основания нашего учебного заведения.

Время подтвердило дальновидность действий земства в вопросах развития образования с самого создания данной структуры власти в 1864 г. [4; 5]. С возникновением в Яранске ремесленной школы стали быстро развиваться новые виды деятельности, труд перестал быть сугубо крестьянским, вырос товарообмен, укрепилось купечество, повысилась грамотность и культура населения. Подтверждающие факты встречаем в работах историков и краеведов:

– яранская мастерская-школа была первой подобной в губернии [6];

– в конце XIX в. в крае насчитывалось более 100 разновидностей кустарных промыслов, по степени их развития Вятская губерния занимала третье место в Российской империи [7], а Яранский уезд в начале XX в. вышел на первое месте в губернии по количеству лиц, занятых кустарными промыслами в относительном исчислении – 14,1 % населения, тогда как в Котельничском уезде только 10,2 %, а в Вятском уезде – 7,8 % [8];

– яранские купцы установили торговые связи с Нижним Новгородом, Казанью, Костромой, Вяткой и другими городами, а яранский лён продавался в Англии [1].

Вместе с тем менялась и структура населения. За столетие количество жителей города увеличилось в 5 раз и, по сведениям 1897 г., составило 4808 человек. Потребовались и новые вложения в совершенствование обучения. Важно отметить, что по затратам на народное образование в 1901 г. Яранское земство было третьим в губернии (Сарапульское – 140,7 тыс. руб., Уржумское – 128,0 тыс. руб., Яранское – 116,9 тыс. руб.) и восьмым (!) в России [5]. Расходы на нужды образования составляли 50,3 % общих расходов земства.

Возвращаясь к документам прошлого, можно найти немало интересных сведений. Известно, что накануне открытия школы, 18 июня 1873 г. Яранская городская дума рассматривала вопрос об отводе места для кузницы, требующейся ремесленной школе [9]. Об открытии и работе школы в 1875 г. сообщала губернская газета: «В Яранске земская ремесленная школа открыта с 19.06.1873. Положение о школе утверждено попечителем учебного округа. Заведует ею особый Комитет. Мальчиков принято было 20 человек, из которых обучалось – 9 столярному и 11 человек слесарному мастерству... Ученики этой школы обучаются и грамоте, но без всякой программы» [10].

1 октября 1874 г. Яранская ремесленная школа перешла в подчинение Училищного совета Яранского уезда. С разрешения попечителя Казанского учебного округа введена общеобразовательная программа начальных школ с преподаванием «Закона Божия». Заведение размещалось в частном доме мещанина Халтурина за 300 руб. в год, а общежитие, спальни и классная комната арендовались у крестьянина Якимова. К 1 января 1875 г. на земском счету числилось 23 человека и 7 человек своекоштных. Распорядок дня обучающихся был следующим: подъем – 6.00; после утренней молитвы завтрак; занятия ремеслами – с 8.00 до 12.00; обед и отдых – с 12.00 до 14.00; уроки закона Божия и грамоты – с 14.00 до 16.00; занятия ремеслами – с 17.00 до 20.00; ужин – 20.00; после вечерней молитвы отдых – с 22.00 до 06.00.

Дальнейшую историю школы можно проследить по записям, содержащимся в журнале Яранского уездного земского Собрания за октябрь 1889 г. В нем говорится об утверждении Устава Яранской ремесленной школы. «С целью распространения в Яранском уезде ремесел, необходимых в крестьянском быту, открыта в г. Яранске, на средства Яранского уездного земства, ремесленная школа. В школе обучаются следующим ремеслам: кузнечно-слесарному, столярно-токарному и выделке земледельческих орудий. Курс учения – 4 года. Число учеников – 25. В школу принимаются преимущественно мальчики – дети крестьян Яранского уезда – не моложе 14 лет и не старше 18 лет, непременно из окончивших курс в народных училищах» [11].

В 1896 г. введено обучение роговому мастерству (обработка рога), которое продолжалось до 1905 г. Земство всячески поддерживало школу, выделяя довольно крупные суммы на содержание и делая заказы на изготовление школьной мебели [6].

Из архивных сведений за 1915 г. известно о расширении деятельности Яранской ремесленной школы. Она имеет четыре отделения: слесарное, столярное, кузнечное и корзиночное. Курс обучения по-прежнему оставался четырехлетним, а количество обучающихся увеличилось. Так в 1914 г. насчитывалось 73 ученика, с годовым пособием от земства 40 руб., и 10 мальчиков сверхштатных без пособия [12].

В целом можно констатировать, в дореволюционный период Яранская ремесленная школа успешно решала задачи профессиональной подготовки рабочих-кустарей. Накануне революции 1917 г. в России наше учебное заведение выпускало:

– кузнецов, способных подковать лошадь, ремонтировать сельхозмашины и орудия, и слесарей-токарей со сроком обучения 4 года;

– столяров и мастеров художественного плетения корзин, мебели и капо-корешковых изделий со сроком обучения 2 года.

Рис. 2. Здание Яранской ремесленной школы (начало XX в.)

Всего за период с 1873 по 1917 г. школой подготовлено около полутора тысяч мастеров разных направлений. Часть из них устроилась трудиться на уральские заводы и железнодорожные мастерские крупных городов. Здание земско-ремесленной школы-мастерской в начале XX в. размещалось на улице Басурманской, теперь улица Гоголя (рис. 2), и в перестроенном виде сохранилось до наших дней.

Заключение

Исторические факты свидетельствует о том, что главные предпосылки создания ремесленной школы в Яранске связаны с пониманием местной властью потребности развивать промыслы и повышать качество изделий, осознанием необходимости сокращать затраты на приобретение инструментов и инвентаря в соседних городах и увеличивать долю механизированного труда в крестьянском хозяйстве. Целенаправленные решения и действия земства по открытию и содержанию учебного заведения для ремесленников при поддержке общественности оказались передовыми и имели важное значение для развития кустарных промыслов, купечества и, как следствие, способствовали экономическому и культурному подъему Яранского уезда и Вятской губернии в конце XIX – начале XX вв. Кроме того, изученные исторические материалы указывают на востребованность ремесленного обучения местным населением и успешную трудовую реализацию подготовленных мастеров-кустарей.

Список литературы

1. Чирков С. Состояние образования в городе Яранске в 1817–1917 годах // Наш край. Краеведческий сборник.

Яранск. 2001. № 5 [Электронный ресурс]. URL: http://olnd.ru/05/07_obraz.html (дата обращения: 05.11.2018).

2. Шелепов С.Е. Яранская Комиссаровская. Восемнадцатое октября: Историко-документальный очерк. Йошкар-Ола, РО «Союз писателей России» РМЭ, 2018. 132 с.

3. История техникума [Электронный ресурс]. URL: https://yagtt.com/o-tekhnikume/istoriya-tekhnikuma.html (дата обращения: 05.11.2018).

4. Евдошенко И.В. Из истории становления земства в Вятской губернии // Вестник Удмуртского университета. Экономика и право. 2014. Вып. 2. С. 124–126.

5. Помелов В.Б. Прогрессивная деятельность Вятского земства по развитию просвещения. К 150-летию земского движения в России // Вопросы педагогики. 2017. № 7. С. 63–70.

6. Дождикова Е. Промыслы в уезде // Наш край. Краеведческий сборник. Яранск, 1999. № 3 [Электронный ресурс]. URL: http://olnd.ru/03/08_promisly.html (дата обращения: 05.11.2018).

7. Трушкова И.Ю. Кустарные промыслы Вятской губернии – утраченная экономическая стабильность?! [Электронный ресурс]. URL: https://iutrushkova.livejournal.com/1614.html (дата обращения: 05.11.2018).

8. Кустарные промыслы Вятской губернии и деятельность Вятских земств по улучшению кустарной промышленности. СПб: Вят. губ. земство, 1902. 98 с.

9. ГАКО. Журнал Яранской Городской Думы. 1873 г. Ф. 1190, оп. 1, д.1, л. 23 об.

10. Вятские губернские ведомости. Вятка, 1875. № 82. С. 3.

11. ГАКО. Журнал Яранского уездного земского собрания XXIII очередной сессии 8–13 октября 1889 г. Вятка, 1890. С. 90–99.

12. ГАКО. Отчет в Вятскую Контрольную палату председателя Яранской уездной земской управы. Ф. 618, оп. 1, д. 1513, л. 26 об.

УДК 37.013:37.022

ТЕОРИЯ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ И РАЗВИТИЯ СИСТЕМ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ ВЗАИМОДЕЙСТВИЙ КАК ОСНОВА ПРОЕКТИРОВАНИЯ В ОБРАЗОВАНИИ

Краснова О.В., Яремко Н.Н.

Пензенский государственный университет, Пенза, e-mail: oksana_krasnova@mail.ru

Аппарат теории функционирования и развития систем педагогических взаимодействий создаёт возможности для технологической организации процесса педагогического проектирования. Технология включает оптимальную последовательность проектировочных действий, полную по составу функционально значимых компонентов проектирования: определение субъектов взаимодействия и содержания их деятельности; определение предмета и объект диагностики функционирования; структурирование функции в соответствии с моделью на шесть последовательных качественных уровней, выделение диагностических признаков каждого из шести уровней; выбор методик и определение критериев оценки для каждого из них; прогнозирование качественного своеобразия типов потенциально возможных ошибочных действий на каждом уровне; составление карты процесса «для потребителя» – развивающегося субъекта, опираясь на которую он может осуществлять самодиагностику и сознательную постановку оперативных целей, планировать процесс и дидактически точно направлять свои усилия; содержательное и методическое наполнение этапов процесса как направленного перевода системы из одного качественного состояния в следующее – так, что уже достигнутый уровень является условием, следующий за ним – оперативной целью взаимодействий, а их соотношение адекватно характеризует зону ближайшего развития и определяет содержание процесса на каждом этапе; подбор системы учебных заданий для каждого этапа, релевантной его оперативным целям и позволяющей обеспечить новообразования, необходимые для успешной диагностики достижения целевого для данного этапа уровня по заданным критериям. Приведены ссылки на отчёты о проектировании на основе теории. Участники, апробировавшие технологию, отмечают её эффективность в общем образовании и освоении профессии, в педагогической самодиагностике и самокоррекции, педагогическую состоятельность проектов, выполненных с её применением.

Ключевые слова: проектирование, технология, образование, механизм, узловые моменты, этапы, зона ближайшего развития

THEORY OF FUNCTIONING AND DEVELOPMENT OF PEDAGOGICAL INTERACTION SYSTEMS AS A BASIS FOR DESIGN IN EDUCATION

Krasnova O.V., Yaremko N.N.

Penza State University, Penza, e-mail: oksana_krasnova@mail.ru

The apparatus of theory of pedagogical interactions systems functioning and development creates opportunities for the technological organization of the process of pedagogical design. The technology includes an optimal sequence of design activities, complete in terms of the composition of functionally significant components of the design: determining the subjects of interaction and the content of their activities; definition of the context and the object of diagnosis of functioning; structuring the function in accordance with the model into six consecutive quality levels, highlighting the diagnostic features of each of the six levels; selection of methods and determination of evaluation criteria for each of them; forecasting the qualitative identity of the types of potential erroneous actions at each level; mapping the process «for the consumer» – for a developing subject, relying on which he can carry out self-diagnostics and conscious setting of operational goals, plan the process and direct his efforts didactically correctly; the content and methodological filling of the stages of the process as a directional the system transfer from one quality state to the next – so that the level already reached is the condition, the next level is the operational goal of the interactions, and their ratio adequately characterizes the zone of proximate development and determines the process content at the stage; selection of a system of training tasks for each stage, operational goals relevant to its and allowing to provide the educational results necessary for successful diagnosis of the achievement of the target for this stage level according to specified criteria. Links to design reports based on theory are given. Participants who have tested the technology note its effectiveness in general education and in profession development, in pedagogical self-diagnostics and self-correction, and the pedagogical vitality of projects carried out with its help.

Keywords: design, technology, education, mechanism, key points, stages, zone of proximal development

Фундаментальное свойство систем педагогических взаимодействий состоит в том, что их функционирование реализуется не одномоментно, а посредством последовательной естественной цепочки качественных метаморфоз. Каждый шаг на этом пути связан с логичным изменением структуры системы – от начала взаимодействий до её распада в связи с полной реализацией её функции. То есть функционально эффективная система педагогических взаимодействий – система закономерно развивающаяся [1]. Число промежуточных структур на пути реализации функции системой конечно и доступно исследованию. Выявление сущности этих изменений, ведущих к функциональному результату – это выявление механизма функционирования и развития.

Механизм – это фундаментальная связь, детерминирующая закономерности. Зако-

номерности, в широком смысле, дают ответы на вопрос: «Как нечто происходит? Как одно связано с другим?»; механизмы – на вопрос: «Почему происходит именно так? Что обеспечивает устойчивость, всеобщность, повторяемость связи, которую несёт в себе закономерность?».

Знание механизма, – практически функционально. Яркий пример – периодическая система химических элементов. Когда её автор понял физический механизм, лежащий в основе химических свойств элементов, стало возможным и систематизировать теоретические изыскания, и прогнозировать свойства ещё не открытых элементов, а также понимать и осознанно осуществлять взаимодействия веществ для получения искомых.

Выявленный механизм составляет концептуальное ядро теории функционирования и развития систем педагогических взаимодействий [2]. Её положения прошли многолетнюю экспертную и практическую проверку, истинность их подтверждена, как и методологическая (как инструмент исследования и прогнозирования) и прикладная эффективность, результаты внедрены в образовательный процесс.

За годы апробации и внедрения наших результатов выработана оптимальная, как нам видится, система проектировочных действий на основе теории, которую можно использовать в качестве ориентировочной основы в проектировании. Технологическая основа в данном случае не сковывает педагогическое творчество проектанта, но «подсказывает» естественную логику в проектируемом процессе.

Цель данной публикации – показать прикладной потенциал теории функционирования и развития систем педагогических взаимодействий и, как один из практически значимых результатов, технологию проектирования на её основе. Исследование проведено в Пензенском государственном университете, результаты внедрены в образовательный процесс нескольких факультетов, защищена диссертационная работа, в которой технология разработана на основе теории [3, с. 146–162], в Севастопольском педагогическом колледже имени П.К. Менькова аппарат теории применён для исследования и технологической реализации процесса формирования одной из профессиональных компетенций [4].

Материалы и методы исследования

Педагогические явления несут в себе свойства, определяемые, по крайней мере, классом систем, стремящихся к целостности. Логика развития таковых – скрепление за счёт усиления внутренних связей на этапе создания при закрытии от потенциально «опасных» внешних и открытие внешним взаимодействиям при снижении силы внутренних связей по мере достижения функционального состояния. Это свойство в классе целостных систем действует вместе со свойством *фрактальности* – единообразия механизма на разных уровнях одной системы, без которого невозможно сохранение её целостности.

Механизм функционирования и развития систем педагогических взаимодействий в точности реализует эту естественную логику данного класса систем. Порядок в систему несёт управляющий субъект, педагог; хаос, стохастичность – развивающийся субъект, обучающийся (развивающаяся подсистема); а выявленный механизм – методологически предсказуемо – обнаруживается в функционировании и развитии систем педагогических взаимодействий разных уровней, масштаба, содержания. Это обеспечивает широкие прикладные возможности теории и использование её аппарата как инструмента исследования и прогнозирования процессов в образовании на разных уровнях.

Модель механизма представлена на рис. 1.

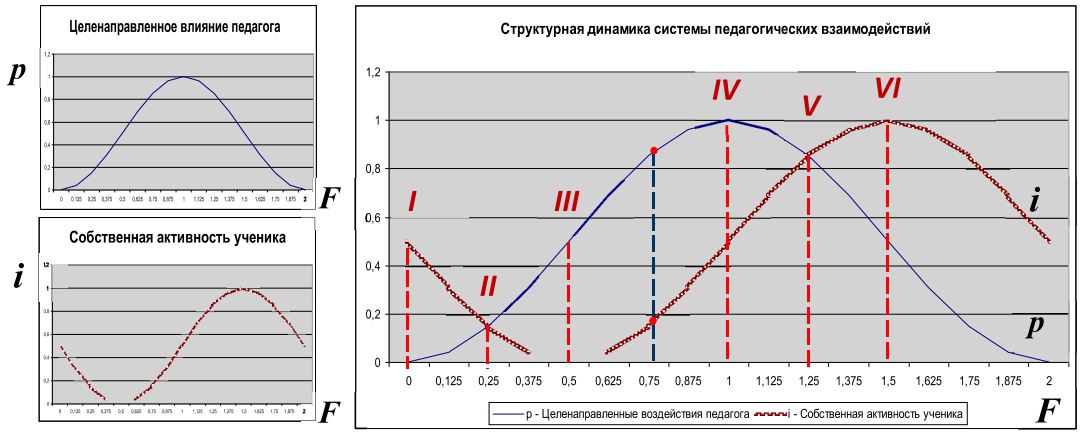


Рис. 1. Динамика структур в процессе функционирования и развития системы педагогических взаимодействий как результат взаимозависимого изменения мер влияния факторов на процесс, p – мера влияния организующих действий педагога на процесс, i – мера влияния собственной активности развивающегося субъекта на процесс, у. е. [0, 1], F – функция системы, у. е. [0, 2π]

Подписи на рисунке не нарушают логики сказанного выше: пишем «педагог», но понимаем, что в случае функционирования и развития, например, воспитательной системы школы или продвижения и развития инновации роль оргфактора реализует управляющий субъект; пишем «ученик», но понимаем, что в названных примерах это детско-учительский коллектив как развивающийся субъект, а взаимодействия и структурная динамика систем здесь – педагогические по свой сущности и механизму.

Мера влияния фактора организующих воздействий растёт до достижения функциональности, после чего логично снижается. Динамика меры влияния активности развивающегося субъекта (именно эти два фактора являются структурообразующими в педагогических явлениях) имеет три ветви: 1 – адаптации с логичным снижением меры влияния на процесс, 2 – роста до достижения искомого результата (результат – в развивающемся субъекте) и 3 – снижения в связи с выполнением системой функции. Динамика факторов – а это характер взаимодействий – определяется мерой достижения функции и взаимозависима. Например, рост меры влияния оргфактора останавливается не объективно, а в связи с замещением его возросшей активностью развивающегося субъекта – субъект перестаёт нуждаться во внешнем управлении, практикуя самоконтроль и самодетерминацию на основе сформированных в системе качественных новообразований.

Узловые моменты процесса образуются: 1) сменой доминирования мер влияния факторов на процесс (II, V – кризисы интеграции и дифференциации), 2) экстремумами мер – в такие моменты меняется направление изменения одного из факторов (моменты III, IV, VI). Описанная синергия изменений мер влияния факторов обеспечивает важнейшее свойство: каждая структура содержит единственно возможное направление дальнейшего изменения – что, в свою очередь, определяет однозначность хронологии узловых моментов при том, что каждый из них – зафиксированное достижение, промежуточный результат процесса. Анализ структур позволяет определить качественные параметры процесса – меру самостоятельности/зависимости развивающегося субъекта (на рис. 1 – наглядно для каждого момента), степень его приближения к искомой автономности в осваиваемой сфере. Названия структур I–VI отражают качество и его эволюционную логику: I – неопределённый, II – кризис интеграции, III – манипулятивный, IV – прагматический, V – кризис дифференциации, VI – автономный. Построенная модель механизма с наглядной естественной динамикой влияния факторов на процесс, будучи всесторонне проверена и обоснована [2], убирает вопросы о том, могут ли быть другие узловые моменты, помимо видимых шести, или меньше, чем шесть: не могут, попытки «добавить» приведут к повторению качественного своеобразия одного из моментов, содержащихся в модели, попытки «убавить» – к пропуску существенной качественной ступени в процессе – а значит, к путанице на практике в определении зон актуального и ближайшего развития субъекта – то есть к дидактическим ошибкам и, как следствие, к неэффективности взаимодействий, нарушению баланса доступности/трудности как минимум.

Динамика, таким образом, – движение от одного узлового момента к однозначно определённому следующему. Структура исходного узлового момента характеризует зону актуального развития, а соотнесение этой структуры со структурой следующего узлового момента – зону ближайшего развития субъекта в контексте содержания системы взаимодействий. То есть каждый этап процесса при опоре на модель становится дидактически корректным в том смысле, что взаимодействия всегда строятся в зоне ближайшего развития субъекта. Качественное своеобразие взаимодействий в каждый (не узловой в том числе) момент функционирования и развития системы однозначно задаётся его динамической структурой – можем сказать, структурой, соответствующей точке на оси функции модели: в каждый момент ясна мера ответственности управляющего субъекта и развивающегося, внешнего контроля и самоуправления, соответственно, это задаёт границы релевантных ситуации методов и форм взаимодействий, степень сложности осваиваемых задач. Этапы: ориентационный (I→II), адаптационный (II→III), функционализации (III→IV), оптимизации (IV→V), автономизации (V→VI), перехода к новой систем взаимодействий (VI→I’). Ограничимся здесь этими основополагающими представлениями.

Результаты исследования и их обсуждение

Технология проектирования

Технология проектирования на основе теории включает последовательность таких операций:

1. Содержательное изучение положений теории и базового положения о механизме функционирования и развития систем педагогических взаимодействий – необходимая теоретическая основа проектирования.

Когда механизм и вытекающие положения (о возможных девиациях в системе в том числе) изучены, понята связь структуры с качественными параметрами системы, осмыслен тот факт, что каждая структура в процессе включает единственное и естественное направление дальнейшей динамики, и это обеспечивает однозначность хронологии узловых моментов в истории системы, мы предлагаем определить в проектируемом процессе п. 2 и далее.

2. Какие субъекты и какая их деятельность реализуют действия оргфактора – целенаправленных организующих и управляющих воздействий. Например, в учебном процессе это педагогическая деятельность преподавателя – непосредственная или опосредованная средствами обучения – учебником, электронным учебным курсом и т.п. В процессе проектирования и внедрения инноваций это деятельность по её продвижению – информационно-разъяснительная деятельность и подготовка кадров, нормативная, контрольная и т.п.

3. Определить субъекта, объект, предмет развития и диагностики – в чём функция, где заключён результат – поскольку динамика системы в каждый момент, все действия субъектов зависят от меры его достижения.

4. Структурирование функции системы взаимодействий в соответствии с моделью на шесть последовательных качественных уровней.

5. Выделение из общих характеристик диагностических признаков каждого из шести уровней, выбор методик и определение критериев оценки для каждого из них.

6. Моделирование качественного своеобразия типов потенциально возможных ошибочных действий на каждом уровне.

7. Содержательное и методическое наполнение этапов процесса как направленного перевода системы из одного качественного состояния в следующее – так, что уже достигнутый уровень является условием, следующий за ним – оперативной целью взаимодействий, а их соотношение адекватно характеризует зону ближайшего развития и определяет содержание процесса на каждом этапе.

8. Подбор системы учебных заданий для каждого этапа, релевантной его оперативным целям и позволяющей обеспечить новообразования, необходимые для успешной диагностики достижения целевого для данного этапа уровня по заданным критериям.

9. Функционально значимым шагом в проектировании педагогических процессов является составление карты процесса «для потребителя» – развивающегося субъекта, опираясь на которую он может осуществлять самодиагностику и сознательную постановку оперативных целей, планировать процесс и дидактически точно направлять свои усилия. Значимость этого проверена экспериментально. Карта процесса необходима «потребителю» на начальном – ориентационном – этапе процесса. Известно, что «зрелым» является аналитический подход к решению проблем – от цели к данным – в отличие от незрелого – от данных и «куда кривая выведет». Когда «потребитель» – ученик или преподаватель, работающий над изучением и внедрением нового метода, – осведомлён об итоговой и промежуточных целях и стадиях процесса – он его видит полно и укрупнённо, включается его субъектность; это обеспечивает сознательность его деятельности, индивидуализацию в темпе продвижения в материале и варьирование индивидуально актуальных видов деятельности и усложнения содержаний на каждом этапе; процесс идёт эффективнее; чёткие образы осваиваемой деятельности, ясность снижают эмоциональную нагрузку – тревогу, неуверенность, раздражение, страх ориентационного периода. То есть «потребитель» должен: 1) ясно представить, что он (развиваемая система) сможет, полностью освоив новую деятельность – метод, курс, модуль, тему, качество целевых новообразований, компетентностей (уровень VI); 2) затем познакомиться с шагами на этом пути (уровнями) – какие это будут промежуточные достижения, сколько их, чем каждое их них отличается от предыдущего – в чём «прирост», функциональный сдвиг, и 3) узнать, сколько, предположительно, на это может понадобиться времени, какая работа (этапы). «Первым шагом будет изучение… . Для этого будет необходимо запомнить… . Так будет достигнут уровень II. И далее – отработать, отточить такие-то простые действия… . Когда они будут освоены, это будет уровень III. Разобраться в таких-то типах…, изучить и научиться применять такие-то методы…. Для этого мы будем…» – и так до полной автономности во владении освоенной деятельностью. Лучше, чтобы эти сведения были представлены «потребителю» в виде наглядной структуры. Так, например, начало каждой темы, модуля в учебнике можно предварять картинкой, на которой показаны ступени освоения каждой темы, мы это показывали на витке спирали, символизируя тем самым полноту цикла изучения темы, а подписи к уровням: «Я знаю, отличаю …», «Я умею …», «Я понимаю …» и т.п. Имея чёткие представления об уровнях и «шагах» в процессе обучения, которые, безусловно, будут ему всё более понятны по мере освоения самого предмета, субъект может: форсировать своё развитие, сам ставить планки – «какого уровня я могу достичь, судя по изученным характеристикам уровней», «достижение какого уровня я считаю для себя достаточным в данном предмете, теме, модуле» – ставить оперативные цели саморазвития на каждом этапе с планами по времени их достижения и т.д. Тогда, например, спланированные под среднего ученика годовые школьные программы по предметам могут (экспериментально проверено) осваиваться в индивидуальном темпе – и порой за 2–3 месяца, освобождая время и силы ребёнка для другой – творческой, развивающей – деятельности.

С позиции педагогов процесс, спроектированный на предложенной основе, становится оперативно диагностичным и управляемым, обеспечивает понятные основания дифференциации в обучении при выборе и принятии их учениками, становится средством педагогической самодиагностики и самокоррекции. Качественное структурирование процесса актуально в освоении профессий, намечает чёткий план в проектировании инноваций любого уровня (школы, класса, региона и т.д.).

Проекты могут разрабатываться изначально как на основе проблемно-ориентированного анализа практической ситуации, так и на основе идеи, концепции. Технологически в обоих случаях мы предлагаем оформлять содержание проекта (программу развития, обучения, воспитания, совершенствования той или иной системы) последовательно в шесть таблиц. Таблицы с нечётными номерами характеризуют качественные уровни в процессе и их диагностические признаки (1 – «Уровни...» общая, 3 – «Уровни…» структурированная на когнитивный, деятельностный, эмоционально-мотивационный компоненты и типичные ошибки уровня, 5 – «Диагностические признаки, критерии, методики идентификации уровней») – это статично зафиксированные достижения процесса развития системы взаимодействий; таблицы с чётными номерами – этапы – межуровневые переходы (2 – «Этапы…» кратко, 4 – «Этапы…» структурированно, 6 – «Системы учебных заданий в процессе (на этапах) – это процесс, динамика системы.

Ниже приведены структуры табл. 1 и 2, подписи в примере – для процесса обучения (табл. 1, 2).

Мы изначально поясняем, что деятельность организующего субъекта замещается в процессе активностью развивающегося. И объём ответственности симметрично переходит к нему. Мы это показываем условно эллипсами разного размера в табл. 2 при объяснении технологии; подчёркиваем также, что таблицы с нечётными номерами – это зафиксированные статично достижения – «Если уровень достигнут, ученик способен…,», а с чётными – динамика, процесс – «Делают для движения к следующему уровню…» (рис. 2):

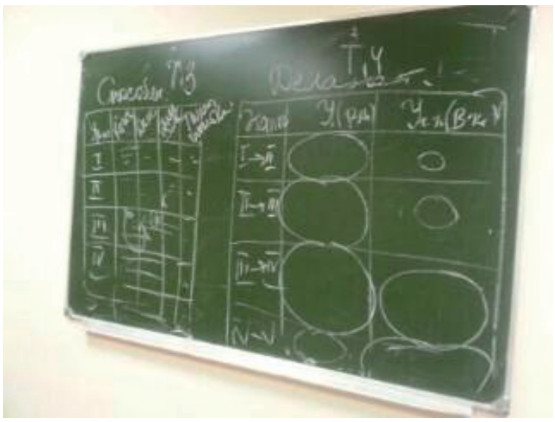


Рис. 2. Табл. 3 и 2 на доске в аудитории при объяснении в курсе «Основы проектирования и измерения качества воспитательного процесса» (магистерская программа «Педагогика и психология воспитания»)

Таблица 1

Уровни освоения предмета учащимся

Уровень	Качественные характеристики (диагностические признаки) уровня
I	Незнание, неумение, отрывочные случайные сведения
II	Знания-знакомства
III	Знания-копии
IV	Знания-умения
V	Знания-трансформации
VI	Полная реализация функции (полное, со всеми усложнениями реальной практики, владение предметом)

Знания-копии, знания-знакомства и т.д. – по В.П. Беспалько.

Таблица 2

Этапы процесса обучения по предмету

Этап	Содержание этапа	
	Деятельность педагога	Деятельность обучающегося
I→II		
II→III		
III→IV		
IV→V		
V→VI		
VI→I’		

Критерии качества проекта: 1) соответствие содержания теоретическим положениям и логике процесса, корректная идентификация качественных уровней проектируемого процесса по структурно-динамическим характеристикам, заданным моделью; 2) соответствие содержания этапов уровням; 3) практическая пригодность разработки, возможность внедрения в практику.

Примеры применения

Все источники пристатейного списка – отчёты о применении теории разными авторами в проектировании различных процессов в образовании. Только опубликованных отчётов – более тридцати [5–6], включая зарубежные [7–9] и учебные студенческие проекты [10–11]. Коллеги, применившие технологию для проектирования и совершенствования разных процессов, в отчётах отмечают её функциональность, простоту, эффективность.

Из неопубликованного – наглядный в плане идентификации уровней и логики этапов проект – обучение резьбе по дереву (автор – мастер Татьяна Анатольевна Морозова, г. Пенза). Уровни: I – начало обучения, незнание, неумение, интерес; II – знание и идентификация основных видов, стилей резьбы, знание внешнего вида, назначения и названий инструментов для резьбы, умение выбора и подготовки дерева для резьбы, ошибки – в идентификации и названии инструментов и стилей, приёмах подготовки материала; III – освоены *основные приёмы* резьбы, действия соответствуют эталону, ошибки некорректного выполнения приёмов, ученик неправильно держит инструмент, элементы не встроены в рисунок волокна дерева; IV – ученик способен выполнить композицию по рисунку, ошибки в пропорции, размещении, точности воспроизведения композиции рисунка; V – ученик способен разработать и выполнить рисунок, ошибки в видении будущего рисунка на изделии, в его нечитаемости, невыразительности; VI – мастерство, индивидуальный стиль резьбы, способность к совершению полного цикла деятельности без ошибок. Уже по этим кратким характеристикам уровней понятна логика процесса на этапах: I→II – трансляция вводных сведений ознакомительного плана, мотивация обучающихся; II→III – демонстрации и практический метод освоения базовых приёмов и действий; III→IV – интеграция сформированных отдельных умений в сложные комплексы для выполнения готового изделия по рисунку; IV→V – усложнение задач, задания по разработке рисунков; V→VI – оттачивание мастерства, рефлексия и совершенствование собственного стиля резьбы.

Другие примеры. Попытаемся сформулировать кратко содержательные характеристики уровней профессионального мастерства педагога как части технологии её формирования: I – отсутствие педагогического мастерства, наличие мотивации профессионального развития; II – знание теоретических основ профессии, компетентностного профиля и профессионального стандарта педагога, нормативов, регулирующих деятельность в сфере образования, ошибки здесь – это ошибки незнания, невладения нормативным содержанием, которое подлежит структурированному запоминанию для постоянного оперативного использования; III – способность к точному выполнению простых, технологичных профессиональных действий – механического воспроизведения известных приёмов или технологий; ошибки здесь связаны с поверхностным освоением педагогических техник, нарушением последовательности, места приёмов в педагогическом процессе, некорректности в реализации приёмов, неспособности к распределению внимания; IV – компетентность выполнения профессиональных задач на уровне типовых учебных, сформированы умения и опыт диагностики, проектирования и реализации целостного педагогического процесса в единстве его функций; типичные ошибки – неготовность к варьированию профессиональных действий в связи с индивидуальными особенностями обучающихся и воспитанников, отсутствие дидактической зоркости как способности замечать систематику в ошибках и затруднениях детей, устанавливать их дидактические причины, в том числе в своей деятельности, в неспособности рефлексивного моделирования видения учебных ситуаций учениками и диагностической несостоятельности части учебных заданий на этой почве; V – уверенный творческий уровень освоения профессии, сняты, преодолены ошибки предыдущего уровня, педагог видит учеников и процесс их глазами, опыт экспериментирования в профессии, багаж изученных идей и направлений оптимизации своей профессиональной деятельности, свобода и гибкость в выборе форм и методов, потребность и привычка в изучении периодики по профессии; уязвимости – ситуативные, связанные с организационной «несвободой» в учебном процессе; VI – мастерство, стабильность успеха, индивидуальный стиль, авторские школы, программы, методики, технологии, способность безошибочной деятельности. Здесь также

по характеристикам уровней чётко определяется адекватная им программа профессиональной подготовки.

В жизненном цикле инновации в образовании: I – (разработка, апробация), принятие к внедрению идеи, концепции, метода, старт внедрения, ошибки – в концепции, её релевантности сфере внедрения (заставлять слона запрыгнуть на дерево – дальше старта процесс не двинется); II – «потребители» познакомились с идеей и содержанием нововведения, методом, понимание содержания достигнуто; эмоциональная реакция на нововведение – сопротивление, тревога, стресс; ошибки (управляющего субъекта в данном случае) – в механическом приказном насаждении инновации, в негибкости требований, в отсутствии учёта специфики отдельных процессов и трудностей их изменения; III – инновация введена в процесс, перестроены связанные с ней процедуры, первый опыт использования, критический уровень неприятия пройден, инновация начала действовать, принося первые «удобства» и результаты, но её присутствие в процессе пока искусственно, «напрягает» больше, чем даёт пользы, заставляет тратить много дополнительного времени, субъекты нуждаются в консультативной поддержке в случаях сбоев, затруднений; ошибки (в данном случае руководящего субъекта) – в обрыве «до времени» консультативной помощи, в изоляции субъектов наедине с их затруднениями; IV – инновация функционально отрегулирована, системно интегрирована в деятельность, потребность в консультативной и руководящей помощи стабильно «замерла», далее начнёт снижение, ошибки – не изучение реакции потребителей, накопивших опыт работы с нововведением, отсутствия оперативной коррекции нововведения; V – инновация стала повседневностью, рабочими стали взаимодействия по её реализации и улучшению, все участники процессов включены в её использование, ошибки ситуативные; VI – инновация стара, выполняет свой функционал, в практике её использования сложились системные новообразования – предпосылки дальнейшего инновационного поиска. Очевидно, что уже характеристики уровней обрисовывают контуры работы по их достижению на этапах.

Выяснилось, что модель и технология проектирования на её основе интересна тренерам. Тренировочный процесс приобретает вектор, направление (тренировки не одинаковые, а системно качественно меняются), выделяются ясные качественные ступени в процессе, тренировки приобретают осмысленный для спортсмена характер. Работы ведутся, ожидаем публикации о применении технологии в этой сфере.

Заключение

По методу и теоретической основе предложенную технологию и подход к педагогическому проектированию можно назвать структурно-динамическими, а положительные результаты, полученные нами в многолетнем (с 2001 г.) сотрудничестве с десятками педагогов, позволяют пригласить уважаемых коллег к их апробации и внедрению. Мы готовы к сотрудничеству по их адаптации и применению и заинтересованы в содержательных откликах.

Мы благодарим всех участников многолетнего исследования: преподавателей, студентов, школьников, взявших на себя труд понять и применить средства, которые даёт наша теория, кто построил рабочие программы курсов, тактику изучения тем, модулей, диагностики учебных достижений и качества процесса обучения на основе предложенных нами для апробации и внедрения теории и технологии. Полученные продукты, отзывы, беседы о процессе проектирования на основе модели внесли значительный вклад в наше исследование, обеспечили подтверждение практической значимости его результатов.

Список литературы

1. Краснова О.В. Комплекс показателей для характеристики количественно-качественных изменений в процессе развития системы педагогических взаимодействий // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Гуманитарные науки. 2008. № 2 (6). С. 157–168.

2. Володина О.А. Основы и примеры приложений теории развития систем педагогических взаимодействий // Современные образовательные технологии: психология и педагогика: моногр.: в 2 кн. / Л.В. Абдульманова, В.В. Бабушкина, О.А. Володина [и др.]; под общ. ред. Е.В. Коротаевой, С.С. Чернова. Новосибирск: ЦРНС: СИБПРИНТ, 2008. Кн. 2. С. 12–73.

3. Яремко Н.Н. Теоретико-методические основания критериально-корректностной математической подготовки бакалавров физико-математических направлений: дис. ... докт. пед. наук: 13.00.02. Орёл, 2016. 399 с.

4. Охота Д.А. Развитие иноязычной коммуникативной креативности будущих учителей английского языка средствами сетевых технологий: структурно-динамическая модель процесса и её реализация в формирующем эксперименте / Современные проблемы науки и образования. 2018. № 5 [Электронный ресурс]. URL: https://science-education.ru/ru/article/view?id=28100 (дата обращения: 17.11.2018).

5. Краснова О.В., Мещеряков А.С., Влазнева С.А. Механизм развития систем психолого-педагогических взаимодействий как психолого-педагогическая основа проектирования электронных систем обучения // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 3 [Электронный ресурс]. URL: www.science-education.ru/117-13056 (дата обращения: 17.11.2018).

6. Мещеряков А.С. Аппарат теории функционирования и развития систем педагогических взаимодействий: теория работает // Среднее профессиональное образование. 2013. № 4. С. 24–31.

7. Volodina O.A., Meshcheryakov A.S., Dmitriev V.D. The evolution of professional economic thinking: a diagnostic model and the content of pedagogical support of the process based on theory of functioning and development of pedagogical interactions systems / Science, Technology and Higher Education: materials of the V International research and practice conference, Westwood, June 20th, 2014 / publishing office Accent Graphics communications Westwood Canada, 2014. P. 207–210.

8. Meshcheryakov A.S., Plotnikov K.A. Dynamic model of student's general didactic culture diagnostics and formation / Innovative information technologies: materials of the international scientific-practical conference Part 1 // Ed. Uvaysov S.U.M.: HSE, 2014. P. 189–196. (Prague, 2014).

9. Meshcheryakov A.S., Plotnikov K.A. Functioning and development of pedagogical interactions systems in trading of vocational teachers // European science and technology: 7th International scientific conference. Munich, 2014. P. 58–65.

10. Белозёров В. Структурная динамика учебных занятий // Педагогический менеджмент и прогрессивные технологии в образовании: сборник статей XXV Международной научно-практической конференции. Пенза, 2013. С. 38–42.

11. Краснов А.А. Развитие информационно-технологической компетентности в вузе на основе теории функционирования и развития систем педагогических взаимодействий // Педагогическая информатика. 2013. № 3. С. 21–29.

УДК 796:7.092

ВСЕРОССИЙСКИЙ КОМПЛЕКС «ГОТОВ К ТРУДУ И ОБОРОНЕ» В ФИЗКУЛЬТУРНО-ОЗДОРОВИТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ РОСТОВСКОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА ПУТЕЙ СООБЩЕНИЯ

Ляшко Г.И., Путилина Т.А.

ФГБОУ ВО «Ростовский государственный университет путей сообщения», Ростов-на-Дону, e-mail: putilina27@rambler.ru

В данной статье рассмотрены проблемы формирования культуры здоровья студенческой молодёжи и пути их решения посредством введения всероссийского комплекса ГТО. Изучена физическая подготовленность студентов 1–4 курсов Ростовского государственного университета путей сообщения, как основы выполнения нормативов Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО. В работе анализируются современные исследования, указывающие на необходимость саморазвития, рефлексию, творческое и инновационное развитие личности, должный уровень здоровья, психических и физических кондиций современной молодёжи. Выявлены базовые составляющие физкультурно-оздоровительного самосовершенствования для сдачи норм ГТО. Представлены показатели уровня развития основных двигательных качеств студентов по результатам выполнения нормативов комплекса ГТО. Показаны результаты исследования отношения студентов высшей школы к физкультурно-спортивному комплексу ГТО и здоровому стилю жизни на основе аутоаналитического опросника здоровой личности. Выделены аспекты мотивации студентов университета к занятиям физической культурой и спортом. Проведен анализ анкетирования и сдачи контрольных нормативов студентами первого – четвёртого курсов ФГБОУ ВО РГУПС. Показана важность занятий физкультурной деятельностью как важнейшей составляющей здорового стиля жизни. Даны рекомендации по реализации государственных программ вовлечения студенческой молодёжи к спортивно-массовым физкультурным мероприятиям, направленным на организацию здорового стиля жизни, улучшение адаптационных возможностей организма и укрепление здоровья.

Ключевые слова: физическая подготовленность, физкультурно-спортивный комплекс ГТО, здоровье, нормативные требования, студенты, физическая культура

THE NATIONAL COMPLEX «READY FOR LABOR AND DEFENSE» IN SPORTS AND RECREATIONAL ACTIVITIES OF STUDENTS OF THE ROSTOV STATE TRANSPORT UNIVERSITY

Lyashko G.I., Putilina T.A.

Rostov State University of Railway Transport, Rostov-on-Don, e-mail: putilina27@rambler.ru

In this article the problems of formation of culture of health of students and ways of their decision by means of introduction of the all-Russian complex of TRP are considered. Physical preparedness of students of 1-4 courses of the Rostov state University of railway engineering as bases of performance of standards of the all-Russian sports complex of GTO is studied. The paper analyzes modern research indicating the need for self-development, reflection, creative and innovative development of the individual, the proper level of health, mental and physical conditions of modern youth. The basic components of physical-health self-improvement for the delivery of TRP norms are revealed. The indicators of the level of development of the basic motor qualities of students on the results of the standards of the complex TRP. Shows the results of a study of attitude of students of high schools with sports complex TRP and healthy lifestyle on the basis of the questionnaire autoanything healthy person. The aspects of motivation of University students to physical culture and sports are highlighted. The analysis of the questionnaires and delivery of benchmarking students first to fourth courses of the RSTU. The importance of physical activity as an important component of a healthy lifestyle is shown. Recommendations for the implementation of government programs involving students to sports and mass physical activities aimed at developing healthy life style, improvement of adaptation possibilities of organism and health promotion.

Keywords: physical fitness, sports complex TRP, health, regulatory requirements, students, physical culture

В последнее время здоровье студенческой молодежи находится под пристальным наблюдением у общественности и государственной власти. Исследование последних научных статей (В.И. Бондин, С.В. Усенко, Т.А. Путилина, Ю.Д. Железняк, В.М. Зациорский, В.В. Кожанов, А.Е. Митин, Е.В. Филиппова и др.) в аспекте формирования культуры здоровья учащейся молодёжи указывает на изучение данной проблемы с разных сторон, но без достаточно обоснованных научно-методологических указаний. Сильное отставание коэффициентов физических кондиций и физическая деградация современной молодёжи привели к необходимости введения на уровне государственной политики – Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО.

Цель исследования: изучение уровня здоровья и физической подготовленности студенческой молодёжи Ростовского государственного университета путей сообще-

ния, как основы выполнения нормативов Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО.

Занятия физической культурой и спортом являются одним из главных компонентов здорового стиля жизни. Рационально организованная двигательная деятельность – один из важнейших факторов снижения процессов старения и повышения качества и продолжительности жизни населения. При этом решающее значение приобретает совокупность регулярности выполнения человеком физической активности на протяжении всей жизни, сочетание его двигательной активности с питанием, средой обитания и т.д. [1].

Для современного человека физическая активность должна выполняться средствами физической культуры и спорта. Физическая культура, как основа большого количества наук, остаётся важнейшим компонентом сохранения и укрепления физического и психического здоровья, увеличения активного долголетия.

Совокупность молодых людей, обучающихся в высших учебных заведениях Ростовской области, составляет 198,2 тыс. чел. (на очной форме обучения – обучается более 95 тыс.). Из которых более 40% имеют в анамнезе хронические заболевания, низкую физическую подготовленность и слабое здоровье. В некоторых учебных заведениях количество студентов специальной медицинской группы включает до 25% от всех обучающихся [2]. В процессе учебной деятельности в вузе у большинства молодых людей наблюдается снижение показателей здоровья, уменьшаются функции восприятия, памяти, увеличиваются показатели тревожности и утомляемости. В данной ситуации большую социальную значимость приобретает аспект формирования у студенческой молодёжи знаний в области здоровьесбережения, увеличения функциональных и адаптивных возможностей организма, укрепления здоровья и физического совершенствования [3]. Задачей внедрения комплекса ГТО является обеспечение реализации «стратегии развития физической культуры и спорта в Российской Федерации до 2020 года», согласно которой количество регулярно занимающихся физической культурой и спортом молодых людей должно вырасти до 80%. Следовательно, нормы ГТО, которые были важной составляющей жизни советских людей – получают вторую жизнь. Нормативы комплекса ГТО являются основным показателем, по которому каждый житель нашей страны сможет проверить уровень своего физического развития [4].

В настоящее время эффективность реализации этой программы тесно связана с отношением студентов и педагогов к физической культуре и их готовности претворять в жизнь мероприятия комплекса ГТО [5].

Материалы и методы исследования

Оценка отношения к здоровому стилю жизни, физической культуре и комплексу ГТО исследовалась средствами анкетирования (аутоаналитический опросник здоровой личности) и сдачи контрольных нормативов комплекса ГТО. В исследовании принимали участие студенты 1–4 курсов Ростовского государственного университета путей сообщения.

Организация и методы исследования. Исследование проводилось в 2017–2018 гг. в рамках дисциплины «Физическая культура и спорт» среди студентов основной и подготовительной медицинских групп. Обучающиеся выполняли нормативы VI ступени (18–29 лет) комплекса ГТО и проходили анонимное тестирование.

Результаты исследования и их обсуждение

С целью выявления отношения студентов к здоровому стилю жизни и отношению к комплексу ГТО респондентам был предложен аутоаналитический опросник здоровой личности.

При исследовании состояния здоровья было выявлено, что 52% обучающихся считают его удовлетворительным (стараются вести здоровый образ жизни, болеют несколько раз в год простудными или иными заболеваниями). 40% респондентов – недовольны своим состоянием здоровья (часто болеют, имеют вредные привычки). И лишь 7% опрашиваемых считают себя практически здоровыми, а 1% студентов – нуждаются в глобальном изменении своего стиля жизни.

Изучение системных знаний о питании и двигательном режиме выявило необходимость полного изменения двигательного режима и плана питания у 31% тестируемых. И лишь 32% обучающихся следят за данными показателями.

Важное место было выделено изучению самооценки удовлетворённостью своей жизни. Так, исследование показало, что 52% испытуемых достаточно удовлетворены собой и своей жизнью. При этом 35% обучающихся выразили недовольство своей жизнью и имеют низкую самооценку. И лишь 13% студентов оказались полностью довольны своей жизнью.

Исследование отношения студентов «Ростовского государственного университета путей сообщения» к возрождению комплекса ГТО у большей части респондентов (90%) показало его принятие. К тому же они положительно относятся к сдаче норм

ГТО, при условии добровольного тестирования. При этом, 8% опрошенных были против выполнения контрольных нормативов, а 2%, и вовсе не могли сформулировать своё отношение к комплексу ГТО (табл. 1).

Показатели выполнения контрольных нормативов у девушек 1–4 курсов РГУПС отражены в табл. 2.

Большая часть студенток РГУПС испытывала затруднения при выполнении челночного бега, кроссе на 2000 м, в прыжках в длину, в подтягивании на низкой перекладине (или отжиманиях). Лишь 5,1% девушек выполнили норматив с высоким результатом в челночном беге, 25,7% – средним, и 69,2% – низким.

В беге на 2000 м – у 85,6% студенток показатели оказались «ниже среднего», и лишь у 5,2% – высокие результаты.

Схожие данные оказались и при выполнении прыжков в длину. Подтягивание на низкой перекладине (или отжимания от пола) отразили низкие показатели у 45,7% респонденток. И лишь у трети девушек (31,2%) был выявлен достаточный уровень подготовленности.

Итак, можно сделать вывод, что физическая подготовленность студенток 1–4 курсов ФГБОУ ВО РГУПС отражает низкие показатели развития физических качеств. Положительная динамика их развития показана у девушек только к окончанию второго курса. Больше всего затруднений у студенток вызвали тесты, отражающие скоростно-силовую подготовленность, общую выносливость и силу. С зачетными требованиями программы физического воспитания в этих видах испытаний не справляются в среднем 65–75% испытуемых.

Выполнение контрольных нормативов на «золотой» знак наблюдается только у 5% девушек. Нормативы, соответствующие «серебряному» знаку ГТО показывают – 6% студенток. Часть испытуемых (9%), показавших результаты на «бронзовый» знак, имеют показатели физических качеств «ниже среднего». Большая часть респонденток (80%) не смогли выполнить данные нормативы на какой-либо знак, и их физическая форма оценивается как «низкая» (рис. 1).

Таблица 1

Показатели аутоаналитического опросника здоровой личности студентов (при $p < 0,01$)

Показатели	Самооценка		
	Полностью доволен $\bar{x} \pm m$	Не доволен $\bar{x} \pm m$	Затрудняюсь ответить $\bar{x} \pm m$
Состояние здоровья	59 ± 0,4	40 ± 0,4	1 ± 0,006
Питание и двигательный режим	32 ± 0,3	31 ± 0,02	37 ± 0,1
Удовлетворённость жизнью	13 ± 0,002	35 ± 0,3	52 ± 0,4
Отношение к сдаче норм ГТО	90 ± 0,4	8 ± 0,03	2 ± 0,6

Таблица 2

Показатели физической подготовленности студенток РГУПС (при $p < 0,01$)

Показатели	Высокие $\bar{x} \pm m$	Средние $\bar{x} \pm m$	Низкие $\bar{x} \pm m$
Челночный бег	5,1 ± 0,4	25,7 ± 0,1	69,2 ± 0,3
Подтягивания /отжимания	31,2 ± 0,02	33,1 ± 0,3	45,7 ± 0,4
Бег 2000 м	5,2 ± 0,6	9,2 ± 0,4	85,6 ± 0,4
Прыжки в длину	5,9 ± 0,03	11 ± 0,02	83,1 ± 0,03

Таблица 3

Показатели физической подготовленности студентов РГУПС (при $p < 0,01$)

Показатели	Высокие $\bar{x} \pm m$	Средние $\bar{x} \pm m$	Низкие $\bar{x} \pm m$
Челночный бег	7,2 ± 0,02	16,1 ± 0,01	76,7 ± 0,03
Метание гранаты	12 ± 0,2	33 ± 0,3	65, ± 0,6
Бег 3000 м	15 ± 0,4	30 ± 0,4	55 ± 0,3
Плавание	12 ± 0,4	17 ± 0,2	71 ± 0,4

Исследование юношей выявило явные затруднения при выполнении нормативов – челночный бег, бег 3000 м, плавание и метание гранаты. Только 7,2% студентов показали хорошую подготовленность в челночном беге, 16,1% – среднюю и 76,7% – низкую.

В беге на 3000 м высокие результаты выявлены у 15% респондентов. На средние показатели сдали нормативы 30% юношей. У 55% молодых людей кроссовая подготовленность вызвала серьёзные затруднения.

Не справились с заданием при метании гранаты 65% респондентов. Только 12% смогли выполнить нормативы с показателями выше среднего (табл. 3).

Проведённое исследование указывает на то, что физическая культура для студентов РГУПС является востребованным средством сохранения и укрепления здоровья. Большая часть участников проведённого анкетирования положительно относятся к возрождению физкультурно-оздоровительного комплекса ГТО в России и указывают на его стимулирующее значение для привлечения всех слоёв населения к занятиям физической культурой. Полученные данные указывают, что лишь 17% учащихся ФГБОУ ВО РГУПС могут выполнить нормативы Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» на золотой и серебряный значки (рис. 2).

Для комплексной диагностики физической подготовленности студентов РГУПС нами были изучены показатели некоторых функциональных проб (рис. 3).

Результаты дыхательных проб Штанге и Генчи – отображают показатели объёма легких, ритма дыхания, его глубину. Данные тесты характеризуют возможности организма, связанные с дыханием, его чувствительность к кислороду и тренированность. Результаты задержки дыхания в пробе Штанге у студентов РГУПС находятся в пределах средних величин, а в пробе Генчи – полученные данные были неудовлетворительными.

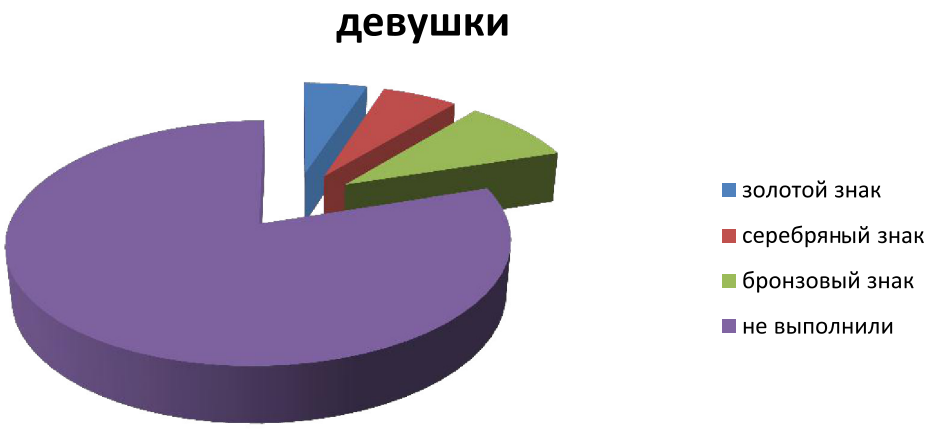


Рис. 1. Средние показатели выполнения комплекса ГТО студентками РГУПС

Рис. 2. Средние показатели выполнения комплекса ГТО студентами РГУПС

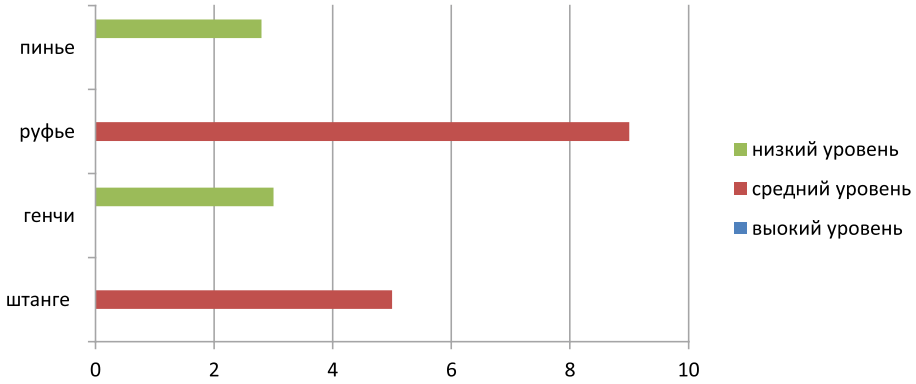


Рис. 3. Средние показатели результатов функциональных проб у студентов РГУПС

Таблица 4

Показатели функционального состояния студентов (при $p < 0,01$)

Функциональные пробы	Проба Штанге (с)	Проба Генчи (с)	Индекс Руфье (усл. ед.)	Индекс Пинье (усл. ед.)
Показатели	41 ± 0,3	34 ± 0,2	9 ± 0,3	28 ± 0,4

Индекс Руфье выявляет способность сердечной мышцы приспосабливаться к физической активности человека. Эта способность отражается в увеличении частоты сердечных сокращений в единицу времени и характеризует физическую работоспособность организма. Результаты, полученные в ходе исследования, указывают на среднюю работоспособность учащихся РГУПС. Результаты показателей индекса Пинье охарактеризовали студентов как людей со слабым телосложением, неуверенных в своих силах, с отсутствием энергичности, с непропорциональным телосложением в большинстве случаев.

Сравнительный анализ полученных результатов, представленных в табл. 4, указывает на то, что уровень функционального состояния (УФС) у студентов РГУПС – ниже среднего.

Выводы

Сравнительный анализ полученных результатов указывает на то, что лишь 17% учащихся ФГБОУ ВО РГУПС могут выполнить нормативы Всероссийского физкультурно-спортивного комплекса «Готов к труду и обороне» на золотой и серебряный значки, а уровень функционального состояния (УФС) у 60% респондентов – ниже среднего. Также в ходе исследования было выявлено, что студенты, выполнившие нормы ГТО на первых курсах вуза, к окончанию учёбы теряют интерес к самостоятельным занятиям физической культурой и спортом. Приоритетными для них становятся подработка в свободное время, межличностные отношения и т.д. Для выполнения студентами комплекса ГТО требуется долгая и тщательная тренировочная работа. А именно, необходимы: диагностика физического состояния студентов, специализированный раздел по предмету «Физическая культура и спорт» в формате лекционного материала, паспортизация энергетических возможностей, контроль за правильным питанием и самоконтроль за своим функциональным состоянием, мотивация к ведению здорового стиля жизни. Именно в этой работе и заключается смысл комплекса, а сдача нормативов лишь отображает достижение определенной степени физической готовности человека.

Список литературы

1. Филиппова С.О., Митин А.Е. Комплекс ГТО: отношение педагогов дошкольных учреждений к занятиям физической культурой // Современные проблемы физического воспитания детей дошкольного и школьного возраста: перспективы и пути решения: матер. науч.-практ. конф. Волгоград: Изд-во ВГАФК, 2015. С. 110–114.

2. Бондин В.И., Путилина Т.А., Химченко С.Е. Актуальные проблемы физкультурно-оздоровительного самосовершенствования студентов в свете требований современных ФГОС ВО // Инновационные преобразования в сфере физической культуры, спорта и туризма: научные труды XX Международной научно-практической конференции. 25–30 сентября 2017 года, п. Новомихайловский. Ростов н/Д.: Издательско-полиграфический комплекс РГЭУ (РИНХ), 2017. С. 35.

3. Перова Е.И., Куренцов В.А., Голубев В.П., Егорычева Э.П. Физическое состояние и готовность студенческой молодежи к выполнению нормативов всероссийского физкультурно-спортивного комплекса ГТО 2014 года // Вестник спортивной науки. 2014. № 2. С. 56–60.

4. Железняк Ю.Д. Интеграция и системность как факторы повышения эффективности физического воспитания, спортивной подготовки, физкультурного образования // Теория и практика физ. культуры. 2011. № 3. С. 24–28.

5. Зациорский В.М. Физические качества спортсмена: основы теории и методики воспитания 3-е изд. М.: Советский спорт, 2009. 200 с.

УДК 373.31

ПАРНАЯ РАБОТА В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ НАЧАЛЬНОЙ ШКОЛЫ

[1]Минаева Е.В., [1]Булдыгерова Т.И., [2]Фомичева И.В.

[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет имени Козьмы Минина» (Мининский университет), Нижний Новгород, e-mail: eminaeva69@mail.ru;
[2]МАОУ школа № 70 с углубленным изучением отдельных предметов, Нижний Новгород

Статья раскрывает особенности организации и проведения парной групповой работы в начальной школе. Выделены смежные по содержанию темы: общение детей со сверстником и взрослым, учебное сотрудничество, групповая работа, коммуникативные универсальные учебные действия. Описаны основные цели и задачи парной работы на уроке в начальной школе. Раскрыт алгоритм парной работы в процессе учебной деятельности. Выделены коммуникативные умения, являющиеся базовыми для парной работы. Определено значение данного вида работы для интеллектуального, личностного и социального развития детей младшего школьного возраста. Определены принципы организации парной работы. Описана последовательность обучения младших школьников парной работе. Представлены формы организации: вспомогательная и основная. Описаны виды заданий для парной работы. Рассмотрены особенности активности детей, функции педагога, реализуемые в процессе организации и проведения парной работы. Выделены ограничения и сложности проведения парной работы. Описаны некоторые частные случаи использования парной работы на уроке: при взаимных диктантах, методика Ривина – Баженова, методика взаимотренажа. Определены вопросы, требующие дальнейшего рассмотрения в контексте использования групповой формы работы в учебной деятельности младших школьников.

Ключевые слова: парная работа, младший школьный возраст, учебное сотрудничество, общение, коммуникативные универсальные учебные действия

STEAM EDUCATIONAL ACTIVITIES PRIMARY SCHOOL

[1]Minaeva E.V., [1]Buldygerova T.I., [2]Fomicheva I.V.

[1]Minin Nizhny Novgorod State Pedagogical University, Nizhny Novgorod, e-mail: eminaeva69@mail.ru;
[2]School № 70 with profound studying of separate subjects, Nizhny Novgorod

The article reveals the features of the organization and conduct of pair group work in primary school. Related topics are identified: communication of children with peers and adults, educational cooperation, group work, communicative universal educational activities. Describes the main goals and objectives of pair work in the classroom in primary school. The algorithm of pair work in the process of educational activity is revealed. The communicative skills which are basic for pair work are allocated. The value of this type of work for intellectual, personal and social development of children of primary school age is defined. The principles of the organization of pair work are defined. The sequence of teaching Junior schoolchildren pair work is described. The forms of organization are presented: auxiliary and basic. Types of tasks for pair work are described. Features of activity of children, the functions of the teacher realized in the course of the organization and carrying out pair work are considered. The limitations and difficulties of the pair work are highlighted. Describe some special cases of the use of pair work in the lesson: mutual dictation, the method Rivina-Bazhenov, the method of waimatenui. Identified issues that require further consideration in the context of the use of group work in the educational activities of primary school children.

Keywords: pair work, primary school age, educational cooperation, communication, communicative universal educational actions

Проблема сотрудничества, общения детей со сверстником и взрослым получила достаточно широкое освещение в научной психолого-педагогической и методической литературе. В работах А.К. Потаповой, И.Н. Агафоновой, Е.Ю. Никитиной, Н.А. Шкуричевой, И.М. Михайловой, Н.В. Аникиной, Г.М. Батуевой, Л.В. Епишиной рассматриваются вопросы коммуникативной компетентности, ее структуры. В.Ю. Разуваева, Э.Г. Нургалиева, О.М. Арефьева, Н.Ф. Виноградова, Т.А. Дергунова, Л.В. Косикова, С.А. Тюрикова раскрывают понятие коммуникативных универсальных учебных действий, особенности их диагностики и формирования в начальной школе, влияние на мотивацию, личность школьника. Вопросы организации и проведения групповой работы получили освещение в научных исследованиях Г.И. Доскалиевой, М.А. Мкртчян, Е.Ю. Рыжкиной, Г.В. Жадейко, О.Г. Канунниковой. Однако ряд частных вопросов не получил должного рассмотрения. К ним относятся вопросы специфики, особенностей организации и проведения парной групповой работы на уроке в начальной общеобразовательной школе.

Пара, или диада, – это «элементарная и одновременно универсальная форма развития человека как существа социального» [1, с. 417]. Работа в парах является одной из форм коллективной деятельности учащихся на уроке. Основная ее идея – соз-

дание условий для совместной учебной деятельности, взаимоконтроля, самооценки и взаимооценки обучающихся.

Целью нашего исследования стала попытка выделить специфические характеристики парной работы, особенности ее организации и проведения с детьми младшего школьного возраста. Выделить актуальные и перспективные направления дальнейшего изучения возможностей парной работы в процессе учебной деятельности в начальной школе.

Материалы и методы исследования

В статье проанализированы монографические, учебно-методические и диссертационные психолого-педагогические труды отечественных авторов, публикации в периодической печати. Методом исследования являлся теоретический анализ.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ теоретических источников позволил выделить ряд специфических характеристик парной работы.

Целесообразность парной работы и ее эффективность связана с возможностью решать целый ряд разнообразных задач.

– Возможность более качественно осуществлять индивидуальный подход в условиях массового обучения.

– Возможность быть активными участниками образовательного процесса одновременно всем ученикам класса, О.Г. Канунникова считает, что это возможность мыслить, говорить и действовать каждому ученику [2].

– Повышение познавательного интереса, учебной мотивации [3].

– Совершенствование навыков самоконтроля и контроля [4], активное включение в процесс познания нового.

– Развитие коммуникативной компетентности Совершенствование навыков общения. В процессе групповой работы возможны споры, обсуждение различных вариантов решения, учебный диалог. Все это приучает детей внимательно слушать ответ товарища, быть готовым к ответу.

– Развиваются черты характера. Стеснительные начинают говорить, раскрываются, у них появляется уверенность в собственных силах. Совершенствование универсальных учебных действий.

– Развивитие рефлексии.

– Возможность эффективного решения дидактических задач.

Посадка на уроке детей в группы еще не обеспечивает эффективной групповой работы учеников. Младших школьников необходимо учить взаимодействию, умению работать в группе, учебному сотрудничеству.

Вопрос целенаправленного развития учебного сотрудничества младших школьников подробно рассматривался Г.В. Цукерман и Н.К. Поливановой. Авторами разработан курс «Введение в школьную жизнь», в процессе которого дети учатся взаимодействовать в группе [5]. Рекомендации авторов могут быть применены при групповой работе в парах. Перечислим основные умения, необходимые ученикам для эффективного взаимодействия. Организовывать личное пространство; при взаимодействии ориентироваться на партнера, а не учителя; правильно расположить на парте школьные принадлежности; умение обмениваться мнениями; умение обратиться к партнеру, высказать свое согласие и несогласие; умение выслушивать партнера и оппонента; аргументировать свою точку зрения.

В ходе работы важно не только озвучить правила сотрудничества, необходимо несколько раз проиграть правильные формы взаимодействия, обсудить ошибочные действия (принципиально важно ошибки разбирать не на конкретной паре учеников, а использовать для этого вымышленных героев, сказочных персонажей).

Ряд авторов рекомендуют следующую последовательность обучения работы в парах.

Начинать работу предлагается с организации взаимопроверок.

Далее необходимо в парах проводить тренировочные задания (таблица сложения, умножения, устный счёт, взаимодиктанты, выполнение заданий по вариантам с последующей взаимопроверкой).

На следующем этапе важно научить детей задавать вопросы по теме, раскрывать их, давать обратную связь товарищу в группе (что было понятно, что непонятно, аргументация своей точки зрения).

В начале необходимо возникающие при работе в группе вопросы обсуждать со всем классом.

Определены ряд принципов, на которые необходимо опираться при организации парной работы на уроке: непрерывная и немедленная передача знаний, информации; дифференциация; сотрудничество и взаимопомощь; оптимальный отбор содержания материала; принцип «педагогизации» [6, с. 7], т.е. формирование способности и интереса обучать других людей; взаимная ответственность.

Парная работа может быть использована как дополнительная форма организации учебного процесса на уроке. В этом случае она является вспомогательной, а её возможности очень ограниченными.

При первичности целей обучения как формирование новообразований возраста,

групповая форма работы выступает закономерной эффективной формой реализации поставленных целей. В данном случае групповая работа является ведущей формой организации учебного процесса.

В полном объеме данный подход реализован в развивающей системе обучения В.В. Давыдова и Д.Б. Эльконина. Данная форма может использоваться на разных этапах урока (этап актуализации знаний; этап закрепления и повторения материала; этап открытия нового (постановка проблемных ситуаций); подведение итога урока (выполнение обобщений и формулировка выводов).

Работа в парах может быть реализована в 3 вариантах.

1. *Статическая пара* (в качестве партнера выступает сосед по парте). Может происходить смена ролей «учитель» – «ученик» [7].

2. Динамическая пара: когда осуществляется выбор четверых учащихся и дается одно задание, состоящее из четырех частей. После выполнения своей части задания учащийся обсуждает задание с другими тремя по очереди, находя индивидуальный подход к каждому однокласснику [8].

3. *Вариационная пара:* каждый учащийся получает индивидуальное задание, выполнив которое анализирует его с педагогом, проводит взаимообучение с тремя учениками.

Деятельность партнеров может быть организована следующим образом:

1. Работа хором: учащиеся вместе называют, выполняют требуемые операции.

2. По операциям. При выполнении задания вся последовательность действий разбивается на операции и поочередно реализуется учениками.

3. Деление элементов материала. В данном случае работа строится аналогичным образом как в предыдущем варианте, однако материал является большим по объему и может быть разделен не только на операции, но и части.

4. 1-й ученик берет на себя всю работу, а 2-й ученик проводит только контроль.

Существует ряд ограничений при организации работы в парах.

1. Нецелесообразно объединять в пару двух «слабых» учеников.

2. Если ребенок отказывается работать в группе, не стоит его принуждать к этому, стоит разрешить индивидуальную работу.

3. Групповая работа предполагает диалоговое взаимодействие, в связи с этим допускается «рабочий» шум. Не стоит допускать выкрики, разговоры в полный голос.

4. Длительность работы в паре варьируется от 15–20 минут в первом-втором классах, до 20–30 минут – в третьем-четвертом.

Групповая работа сопряжена для учителя с рядом сложностей: дополнительная нагрузка, так как необходимо подготовить дополнительный раздаточный материал, продумать распределение детей на пары, организовать работу детей, решать на уроке конфликтные ситуации.

В процессе групповой работы педагог выполняет ряд функций:

– объяснение последовательности работы;

– контроль за ходом и эффективностью работы;

– ответы на вопросы;

– помощь отдельным учащимся (в случае необходимости) [2, 9].

Рассмотрим некоторые частные случаи использования групповой формы работы на уроках в начальной школе

При взаимных диктантах (по А.Г. Ривину) один ученик диктует содержание второму. Потом – наоборот, второй учащийся диктует свой «текст», а первый – делает запись. Затем оба ученика выполняют проверку, подчеркивая (не исправляя) допущенные ошибки. После чего проводится работа над ошибками, проговариваются соответствующие правила. Далее возможен обмен материалами, партнерами, и продолжение цикла.

В карточки могут быть включены случаи, в которых ученики чаще всего допускают ошибки. Если дети читающие, можно добавить вопросы теории. Карточки выглядят следующим образом: на одной стороне написано содержание диктанта, а на обратной – правильный ответ.

Методика Ривина – Баженова, или методика взаимопроверки индивидуальных заданий предназначена для закрепления пройденного материала и отработки навыков. Педагог разрабатывает практические задания различной сложности и разных типов по одной или нескольким пройденным темам. После чего задания группируются на карточки и раздаются учащимся. Напарники делают вместе устный разбор первых заданий. Затем самостоятельно выполняют их в тетради. Далее – совместная проверка. Учащиеся поочередно устно восстанавливают процесс решения задачи, при этом не заглядывая в свои записи. В случае ошибки предлагается ее исправить [10].

Методика взаимотренажа предназначена для повторения, закрепления уже изученного материала. Характерной ее особенностью является отсутствие необходимости в постоянном присутствии педагога. Обычно на специальных карточках оформляются 5 упражнений (с ответами). Таких карточек по каждому разделу составляется 6 штук.

Происходит последовательная проработка всех заданий. В случае неудачи разрешается однократное исправление ошибки. В случае повторной неудачи верный ответ говорит ученик, исполняющий функцию учителя. Когда первый ученик продиктует все задания из своей карточки, ученики меняются ролями. Когда все номера выполнены, ученики заканчивают работу. Далее они могут искать новых партнеров и работать по тому же принципу. Стоит подчеркнуть, что ученик не меняет свою карточку. Работа занимает 5–10 минут.

Методика взаимообмена заданиями чаще используется при обучении решению стандартных, типовых задач. *Методика взаимотренажа и взаимопроверки индивидуальных заданий* больше предназначена для закрепления материала.

Другие виды работы в паре.

1. Обсуждение.
2. Взаимоконтроль, взаимопроверка.
3. Взаимоопрос (варианты: возможна работа пары за партой, где в ходе работы учащиеся меняются ролями, оценивают друг друга, работа может проходить у доски).
4. Взаимопомощь.
5. Дидактические игры.
6. Словарный диктант для соседа. В качестве домашнего задания ученики на карточке подготавливают слова или словосочетание на определенное орфографическое правило, с пропуском «трудных» букв. На уроке происходит обмен карточками и дальнейшая работа. На карточке подписывается составитель и исполнитель задания.
7. После изучения большой темы или раздела, каждый ученик составляет *карточку-зачет для соседа*: в нее включается один теоретический вопрос и два практических. Сосед по парте выслушивает ответ по теории, ставит оценку. Остальные задания выполняются письменно.
8. Грамматическое задание для соседа (творческого характера: написать сочинение, лингвистическую сказку).
9. Парное консультирование: предполагается работа учащихся с разной успеваемостью («сильный» и «слабый»). Ученики совместно прорабатывают теоретический материал.

При однородной работе пары учащихся выполняют одинаковые для всех задания. Но возможна и дифференциация по уровню трудности. Таким образом, виды работы в паре различаются позициями (ролями) обучающихся, целями, содержанием, техниками взаимодействия, результатами.

В методической литературе представлены виды заданий для формирования коммуникативных УУД в паре.

1. Составь задание партнеру.
2. Раскрасить предметы так, чтобы они были одинаковые.
3. Заштриховать предметы (должны совпадать цвет, направление штриховки).
4. Устный счет (учитель сам предоставляет карточки с примерами и ответами, или детям заранее предлагается дома самим подготовить необходимое).
5. Диктант со взаимопроверкой тетрадей.
6. Лист с заданиями (ученики договариваются, что и как будут делать).
7. Ребята составляют и решают задачи по картинкам, договариваются, кто будет отвечать).
8. Карточки «Исправь ошибку» [11].

Заключение

Анализ психолого-педагогической и методической литературы позволил выделить ряд специфических характеристик парной групповой работы на уроке. Определены цели и задачи, реализуемые в парной работе. Основные умения, необходимые для групповой работы. Последовательность организации, принципы, ее формы, виды. Выделены сложности организации, ограничения в использовании. Функции педагога.

Работу в парах можно вводить уже с первого класса. Данная форма позволяет более эффективно решать задачи формирования у детей навыков общения.

Не получили должного рассмотрения возможности включения парной работы в проектную деятельность младших школьников [12].

В имеющейся литературе встречаются варианты описания работы в парах, однако для массового внедрения парной работы в педагогическую практику необходимы методические разработки, отражающие требования к отбору содержания и специфике организации парной работы на уроке.

Список литературы

1. Слиткова Т.В. Работа в парах как одна из форм группового метода обучения в процессе формирования коммуникативных учебных действий // Современные инновации. 2016. № 7. С. 67–71.

2. Канунникова О.Г. Технология сотрудничества как системообразующий компонент коллективного способа взаимодействия // Модернизация образования. Материалы XXIII Рязанских педагогических чтений 24 марта 2016 года. Рязань, 2016. С. 139–141.

3. Булыга Л.А. Возможность повышения мотивации младших школьников посредством парной работы // Научный альманах ассоциации. 2016. № 2. С. 31–38.

4. Минаева Е.В. Формирование внутреннего плана действий у детей младшего школьного возраста: автореф. дис. ... канд. псих. наук. Нижний Новгород, 2000. 22 с.

5. Цукерман Г.В., Поливанова Н.К. Введение в школьную жизнь. Программа адаптации детей к школьной жизни. М., 2010. 133 с.

6. Жадейко Г.В. Организация коллективного способа обучения на уроках в начальных классах // Дятлово. 2009. 47 с.

7. Моисеенко Н.В. Мониторинг сформированности коммуникативных универсальных учебных действий учащихся // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2015. № 9. С. 178–182.

8. Разуваева В.Ю. Умение слушать собеседника – коммуникативное универсальное учебное действие // Начальная школа. 2012. № 9. С. 22–24.

9. Рунова Т.А. Технология организации учебного сотрудничества как средство повышения эффективности образовательного процесса. // Школьные технологии. 2014. № 5. С. 42–48.

10. Шкуричева Н.А. Взаимодействие младших школьников как средство развития коммуникативной компетентности // Начальная школа. 2011. № 11. С. 4–10.

11. Колесова О.В, Ганина Е.В., Косых М.Ю. Развитие коммуникативных универсальных учебных действий у младших школьников // Нижегородское образование. 2013. № 3. С. 133–138.

12. Иванова Н.В. Личностно-развивающий потенциал проектной деятельности для младших школьников // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 6 [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/113-11029 (дата обращения: 06.11.2018).

УДК 378.14

СИСТЕМА ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАНИЙ КАК ФАКТОР ПОВЫШЕНИЯ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ РЕЖИССЕРОВ МУЛЬТИМЕДИА

Сошников В.Д.

НОУ ВПО «Санкт-Петербургский гуманитарный университет профсоюзов», Санкт-Петербург, e-mail: kaf_mult@gup.ru

Режиссура мультимедиа является новым видом профессионального творчества в области экранного искусства, одной из наиболее молодых и востребованных профессий в области современных медиа. Совершенствование образовательного процесса подготовки режиссеров мультимедиа заключается сегодня в уточнении и развитии существующей методики обучения, важной особенностью которой является комплексность учебного плана, учитывающего специфику входящих в него дисциплин, а также междисциплинарные связи между ними. В статье раскрывается методология формирования системы практических заданий, разработанная для специализации «режиссура мультимедиа» (специальность «режиссура кино и телевидения»), рассматриваются задания, входящие в систему, обсуждается эффективность системы. Несомненно, что теоретические и практические курсы, направленные на освоение набора знаний, навыков, умений должны находиться в особом взаимодействии в рамках постепенного расширения знаний по профилирующей дисциплине – «режиссуре мультимедиа». Автор обращает внимание на компоненты, которые оказывают наиболее существенное влияние на становление специалиста режиссера мультимедиа, поясняет динамику развития дисциплин, входящих в курс обучения, прослеживает преемственность дисциплин, последовательность их изучения. В статье рассматривается, как с помощью системы практических заданий, охватывающий с первого по пятый курс обучения специалиста, решаются следующие задачи: сочетание теории и практики в процессе обучения, выстраивание междисциплинарных связей для обеспечения системного развития компетенций, развитие навыков, необходимых в профессиональной деятельности режиссера мультимедиа, таких как умение работать в коллективе, планировать, разрабатывать художественный и технический сценарий, последовательно воплощать творческий замысел на всех этапах технологического цикла, вносить корректировки в работу, навыки презентации и обсуждения итоговой творческой работы.

Ключевые слова: подготовка специалистов, методология обучения, медиаиндустрия, педагогические инновации, контроль знаний

THE SYSTEM OF PRACTICAL TASKS AS A FACTOR OF IMPROVING THE QUALITY OF MULTIMEDIA SPECIALISTS' TRAINING

Soshnikov V.D.

Saint-Petersburg University of Humanities and Social Sciences, Saint-Petersburg, e-mail: kaf_mult@gup.ru

Multimedia specialist is a new kind of professional creativity in the field of screen art, one of the youngest and most popular professions in the field of new media. Improving educational multimedia producers preparation process is now in the refinement and development of existing training methods, which important feature is comprehensive training plan that takes into account the specifics of its constituent disciplines as well as the interdisciplinary links between them. The article explains the methodology for creating the system of practical tasks designed to specialization «Multimedia specialist» (specialty «Directing Film and Television»), considered the job included in the system, discusses the effectiveness of the system. There is no doubt that the theoretical and practical courses aimed at the development of a set of knowledge, skills must be in particular cooperation in the framework of the gradual expansion of majors knowledge – «multimedia specialist». The author draws attention to the components that have the most significant influence on the development of multimedia specialist, explains the dynamics of disciplines included in the curriculum, traces the continuity of disciplines, the sequence of their study. The article discusses how to use the system of practical tasks covering the first through fifth specialist training, the following tasks: a combination of theory and practice in learning, building interdisciplinary links to ensure the systematic development of competencies, the development of skills required in the professional activities of multimedia specialist, such as teamwork, plan, develop artistic and technical script consistently embody the creative idea at all stages of the technology cycle, make adjustments to the work, presentation skills and discussion of the final creative work.

Keywords: training, methodology of training, media industry, pedagogical innovation, knowledge control

Задача повышения качества образования носит в современном мире глобальный характер. Острая необходимость изменения системы образования в XXI в. вызвана тем, что впервые в истории человечества смена технологий происходит не на протяжении жизни одного поколения, а гораздо быстрее: за 10–15 лет. Это, в частности, приводит к тому, что обучение специальностям, зависящим от быстроразвивающихся технологий, таких как медиатехнологии [1], должно постоянно модернизироваться, чтобы обеспечить востребованность выпускников на рынке труда и подготовить высоко квалифицированных медиаспециалистов для общества.

Для кафедры режиссуры мультимедиа СПбГУП, выпускающей специалистов по такой стремительно модернизирующейся профессии, как режиссура мультимедиа, не-

возможно функционирование, направленное на поддержание однажды заведенного порядка. Поэтому кафедра более 10 лет работает в инновационном режиме, апробируя новое и совершенствуя найденное коллективом педагогов.

Содержание программы обучения определяется концепцией, выработанной профессорско-преподавательским составом кафедры на основании изучения тенденций развития современного аудиовизуального искусства и рынка труда. Важным критерием компетентности режиссера мультимедиа являются навыки работы с профессиональными мультимедийными программами, поэтому многие дисциплины направлены на изучение новейших компьютерных технологий в соответствии с современными тенденциями в области информатизации и коммуникации [2].

В результате обучения выпускник специальности «режиссер мультимедиа» должен быть готов решать в своей профессиональной деятельности задачи художественно-творческие, технико-технологические, организационные [3]. Соответственно, совершенствование образовательного процесса подготовки режиссёров мультимедиа требует сочетания теоретических и практических занятий, технических и творческих аспектов, знакомства с современными мультимедийными жанрами, профессиональными прикладными программами, соответствующими технологическими циклами.

Для решения этих многоаспектных задач был проведен тщательный анализ структуры курса и принято решение выстроить систему практических заданий, позволяющую наращивать техническую сложность заданий, сохраняя приоритет творческой (режиссерской) компоненты [4].

Критерии и функции творческих заданий, а также формы и методы их осуществления варьируются в зависимости от общих трендов в развитии медиа технологий и медиа рынка и также от творческих и педагогических решений руководителя (мастера) курса.

Цель исследования: обоснование важности системного комплексного подхода к выбору практических заданий для сочетания теории и практики режиссуры мультимедиа, понимания студентом междисциплинарных связей внутри курса, системного развития компетенций, навыков, необходимых для профессиональной деятельности режиссера мультимедиа.

Методы исследования: теоретический анализ педагогической литературы по исследуемой проблеме; сравнительный анализ Государственного образовательного стандарта, учебных программ, методических пособий.

Результаты исследования и их обсуждение

Необходимым условием, позволяющим обеспечить целостность учебного процесса, направленного и обеспечивающего полноценную подготовку по специализации «Режиссура мультимедиа» (специальность «режиссура кино и телевидения»), являются практические задания итогового контроля освоения различных компетенций в конце каждого семестра, начиная с первого и заканчивая восьмым. Завершающим этапом является выполнение выпускной квалификационной работы студентом на пятом курсе.

В учебном плане, согласно Федеральному государственному общеобразовательному стандарту [5], итоговый контроль знаний проводится в виде зачётов, курсовых работ и экзаменов, но их содержание и формы определяет кафедра, согласовывая с деканатами и с последующим утверждением Ученого совета.

Комплексное исследование последних лет кафедры режиссуры мультимедиа показало необходимость создания, в рамках ФГОС, контрольных практических заданий, распределенных по всем семестрам, начиная с первого и заканчивая восьмым. Основным методологическим подходом при выборе формы контрольного практического задания является принцип соподчинения, заключающийся в том, что задание должно включать навыки и знания, получаемые студентами при изучении специальных дисциплин, при этом тему, идею и творческое решение определяет мастер курса. Последовательность заданий с первого по четвертый курс меняется по принципу от простого задания, к всё более и более сложному.

Система контроля должна отражать логику учебного процесса, разнообразие технических и гуманитарных дисциплин входящих в структуру обучения, творческие задания, определяемые мастерами курса. Образование предполагает изучение разных дисциплин и, более того, внутренних взаимосвязей, взаимодействия этих дисциплин, поэтапного усложнения задач в процессе усвоения материала.

Учет названных аспектов позволяет сформировать целостную систему заданий, рассчитанную на пять лет обучения специалиста. Сформированная коллективом кафедры режиссуры мультимедиа СПбГУП система практических заданий отражает стратегическую направленность обучения режиссера мультимедиа в своеобразной це-

почке специальных дисциплин, в которой каждое из звеньев содержит свои задачи, согласованные с содержанием и формой практического итогового семестрового контроля, будь то курсовая работа, зачёт или экзамен.

Руководитель (мастер) курса, учитывая комплектность и взаимозависимость специальных дисциплин, заявляет результирующую форму контроля, складывающуюся из материала учебных дисциплин профессионального цикла.

Оценка каждого практического задания должна учитывать компетенции, осваиваемые студентами по каждой дисциплине, в каждом из семестров.

Основными требованиями являются: выбор темы, идейно-художественная направленность, актуальность, достоверность, познавательность, техническое качество.

Могут быть проведены дополнения и ранжирование требований. Определение соотношений требований для конкретных типов экранных произведений может варьироваться, но результирующая оценка должна учитывать качество литературного сценария, идейный уровень и качество творческой деятельности студента в процессе подготовки. Таким образом, создаётся целостная система практических учебных работ, поэтапно усложняющихся по мере увеличения объема компетенций, полученных при изучении отдельных дисциплин, ключевой же является дисциплина «режиссура мультимедиа».

Данная темперация придаст учебному процессу творческую динамику и необходимые практические, творческие, организационные навыки для выхода на выпускную квалификационную работу.

Рассмотрим применяемую в практике кафедры режиссуры мультимедиа СПбГУП последовательность заданий.

На первом курсе предлагаются следующие задания:

– В первом семестре студенты создают фотофильм. Тема фотофильма выбирается самостоятельно. Фильм должен иметь сюжет, его развитие и утверждать позитивную сверхзадачу. Фотосъёмки осуществляются самим студентом. Работа должна включать не более 10 фотографий. Фотофильм представляется в видеоварианте (без закадрового текста и музыки, но с обязательным шумовым оформлением). Хронометраж – не более 2 минут.

– Во втором семестре на экзамен представляется буктрейлер. Буктрейлер понимается как видеоролик, рассказывающий о какой-либо книге. Книгу студент выбирает самостоятельно. Выразительные средства не ограничены (видеокадры, фото, рисунки, графика, титры и др.). Съёмки начинаются только после утверждения мастером курса аннотации-сценария. Буктрейлер может быть игровым, неигровым, анимационным, с определённой студентом сверхзадачей, на основе авторской идеи книги. Видеоролик озвучивается только музыкой и шумами. Хронометраж – не более 3 минут.

Контрольные практические задания на втором курсе включают в себя:

– В третьем семестре студенты готовят рекламный видеоролик. Вид рекламного видеоролика выбирается студентом самостоятельно. Это может быть коммерческая реклама (бренд, товар, услуги), социальная (общественно полезные цели, как, например, благотворительность, здоровый образ жизни, экология и т.д.), политическая (в том числе выборы), имиджевая реклама (общественная деятельность, деятели науки, культуры и искусства). Сценарий видеоролика утверждается мастером курса. Видеоролик должен быть выполнен с обязательным применением компьютерных технологий. Озвучание ролика не ограничено и может осуществляться синхронами, закадровым текстом, музыкой, шумами. Хронометраж рекламного видеоролика – не более 1 минуты.

– В четвертом семестре студенты работают над интерактивным проектом. Данный проект может представлять собой тематическое экранное мультимедийное произведение. Виды проекта на выбор: презентация, образовательный, энциклопедия, интернет-журнал, монография. Обязательным является интерактивное управление проектом. На подготовительном этапе студент утверждает у мастера курса план-структуру проекта.

Задания третьего курса обучения:

– Заданием для пятого семестра является видеоклип. Клип создаётся на выбранную студентом песню. Основа – музыкальная фонограмма. В изобразительно-выразительном решении необходимо использовать разные компьютерные технологии, отвечающие смысловому содержанию песни, её жанровой особенности. Исполнитель – за кадром. Изобразительный материал подбирается студентом из разных источников (интернет, фотоальбомы, кинофрагменты, живопись, графика), собственные видеосъемки – минимальны, если без них никак нельзя обойтись. Текст песни является сценарной основой клипа. Заранее сдаётся на утверждение мастеру курса режиссёрский сценарий и раскадровка. Хронометраж клипа – не более 3 минут.

– В шестом семестре студенты работают над двумя заданиями: тематическим сайтом

и короткометражным фильмом. Тему сайта выбирает студент. Это может быть сайт организации, услуг, визитка, леборд, зеркало, промо, представительский, продукции и другие виды. В подготовительный период создаётся и утверждается мастером курса эскиз главной страницы с подразделами и набором текстовых файлов. Страницы сайта содержат единые стилевые мультимедийные элементы – изобразительные и звуковые.

Вид фильма (видео, анимационный, видео с элементами компьютерной графики) выбирает студент самостоятельно. Сценарной основой фильма является сказка, притча, басня – на выбор. Литературный сценарий и режиссёрский утверждает мастер курса. Фильм – звуковой. Необходимо использовать диалоги (если они заложены в сценарии), музыку, шумы. Перед утверждением режиссерского сценария студент сдаёт в письменном виде режиссёрское решение фильма и режиссёрский сценарий. Курсовая работа состоит из литературного сценария, режиссёрского решения и режиссёрского сценария фильма (диск). Хронометраж – до 10 минут.

На четвертом курсе предлагаются следующие задания:

– В седьмом семестре практическим заданием является создание виртуальной экскурсии или виртуального музея. Тематическая направленность экскурсии (или музея) может быть разной, по выбору. Проект предполагает набор ключевых элементов: визуальной и аудиальной информации, интерактивных элементов, управляющих элементов, гипертекстовой структуры.

– В восьмом семестре студенты работают над двумя заданиями: компьютерной игрой и презентацией дипломной работы.

Жанр игры выбирает сам студент. Представляется: сеттинг (место и сюжет игры); гемплей (игровой процесс); мелодии, композиции или саундтреки игры [6].

Совместно с преподавателями дисциплины «Режиссура интерактивных игр» мастер курса утверждает фабулу, персонажей, трехмерное окружение, сюжет игры. На зачёт можно представить начальную стадию игры и её основные элементы.

Практические задания I–VIII семестров разножанровы, при их разработке учитывается широкий спектр профессиональной деятельности в рамках специализации, и только глубокие знания в области различных видов искусств и новых технологий дают возможность студенту, под постоянным контролем руководителя, мастера курса реализовать их на высоком художественном уровне, и тем самым всесторонне подготовиться к защите выпускной квалификационной работы в конце 5 курса.

В качестве дипломных проектов выпускников выступают завершенные мультимедийные произведения, а не портфолио, демонстрирующее навыки студента в создании компонентов мультимедийного произведения, что практикуется в некоторых зарубежных вузах. Это могут быть оригинальные мультимедийные произведения самых разных жанров, которые востребованы сегодня: рекламные презентации, обучающие программы, художественные системы виртуальной реальности, развлекательные продукты, интерактивные игры, интернет-проекты. Составляя список предлагаемых студентам жанров квалификационной работы, педагоги кафедры ориентируются на требования современного рынка труда.

В презентации дипломной работы студент представляет визуализированный замысел своей ВКР. В докладе должны поясняться выбор вида и жанра диплома, все составляющие изобразительно-звукового замысла. Форма показа выбирается самостоятельно.

Набор навыков и компетенций – процесс, во многом амбивалентный, где теория и практика не только дополняют друг друга, но активно и взаимно влияют на совершенствование студента.

Заключение

Осмысление накопленного педагогического опыта обучения специальности «режиссер мультимедиа» дает коллективу кафедры режиссуры мультимедиа возможность корректировать и уточнять методы обучения режиссуре новой экранной формации.

Выбранный в качестве основного принципа построения обучения комплексный подход, предполагающий преемственность и ориентацию студента на крупный творческий проект, выполняемый на каждом году обучения, оправдал себя. Мы получили возможность сочетать разнообразные дисциплины учебного цикла, обеспечить их взаимопроникновение, дать возможность студенту апробировать полученные знания на практике, увидеть подтверждение своего развития, развития группы в целом. Таким образом, курс за курсом накапливается опыт творческой работы, студент развивается как творческая личность.

Принципиально важным фактором является то, что задания и критерии их оценки, рекомендованная методика выполнения ориентированы на тесную взаимосвязь предметов режиссёрской школы и технико-технологического характера.

Обучение «в системе проекта» расширяет также взаимодействие педагогов кафедры и позволяет им направлять свою деятельность в единое русло, работая на один результат. Таким образом, можно создать преподавательский коллектив творческих единомышленников с единой целью, выраженной в итоге в конкурентоспособном продукте. Руководитель курса получает возможность ориентировать преподавателей на достижение поэтапных целей и конкретных задач, отслеживать этот процесс и нести ответственность за результат всей работы. являясь художественным руководителем проекта.

Список литературы

1. Югай И.И. Понятие медиа в искусстве // Вопросы культурологии. 2013. № 7. С. 93–97.

2. Югай И.И. Проблемы профессиональной подготовки специалистов для работы с медиатехнологиями // Педагогика искусства. 2013. № 4. С. 389–393.

3. Сошников В.Д., Денисов А.В., Югай И.И. Искусство мультимедиа. Мультимедиа и творчество. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, 2012. 352 с.

4. Сошников В.Д., Шадхан И.А. Искусство мультимедиа в диалоге классических традиций режиссуры и современной творческой практики // Международный научно-исследовательский журнал. 2014. № 4–3 (23). С. 114–116.

5. Приказ Министерства образования и науки Российской Федерации от 01.08.2017 г. № 733 «Федеральный государственный образовательный стандарт высшего образования – специалитет по специальности 55.05.01 Режиссура кино и телевидения» [Электронный ресурс]. URL: https://fgos.ru/LMS/wm/wm_fgos.php?id=55_05_01(2) (дата обращения: 15.12.18).

6. Югай И.И., Рубичева М.В. Режиссура интерактивных игр. СПб.: Издательство Санкт-Петербургского гуманитарного университета профсоюзов, 2016. 180 с.

УДК 37.013.42:378.184

СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КАК ФАКТОР ФОРМИРОВАНИЯ УНИВЕРСАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ СПЕЦИАЛИСТОВ ПО ФИЗИЧЕСКОЙ КУЛЬТУРЕ

Федотова Г.А., Чистякова Е.Г.

ФГБОУ ВО «Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого», Великий Новгород, e-mail: gala@list.ru

В содержании статьи раскрывается актуальность и значимость включения студенческой молодежи в социально-педагогическое проектирование. Установлено, что студенчество является благоприятным периодом формирования профессионально-личностных ценностей. Выявлена сущность понятий «социальный проект» и «социально-педагогическое проектирование». Социальный проект рассматривается как нововведение в социальной среде, положительно значимое для людей; инструмент социальных изменений и как творческий процесс. Социально-педагогическое проектирование – как способ организации педагогического процесса, гармонично осуществляющий взаимодействие субъектов в процессе достижения социальных и личностно значимых целей. На основе рефлексивного анализа исследований по данной проблеме предложено собственное видение и алгоритм организации социально-педагогического проектирования студентами вуза. Выявлены необходимые условия для его результативности: интегративность, субъектная включенность и ценностно-мотивационная позиция. Определены этапы и виды деятельности студентов в процессе проектирования: аналитический, научно-теоретический, проектировочный, деятельностный и рефлексивный. Особенно подчеркивается необходимость проведения рефлексии после каждого этапа проектирования. Представлены результаты включения студентов данного вида деятельности на примере проекта «Дворовая территория как развивающая среда». Доказано, что технология социально-педагогического проектирования не только отражает содержание проектной деятельности, но и обеспечивает формирование универсальных компетенций выпускника.

Ключевые слова: социально-педагогическое проектирование, будущие специалисты в области физической культуры, формирование универсальных компетенций

SOCIO-PEDAGOGICAL DESIGN AS A FACTOR OF FORMATION OF PHYSICAL CULTUREFUTURE SPECIALISTS'UNIVERSAL COMPETENCES

Fedotova G.A., Chistyakova E.G.

Novgorod State University after Yaroslav the Wise, Veliky Novgorod, e-mail: gala@list.ru

The article reveals the relevance and importance of students'inclusion in a socio-pedagogical design. It has beenprovedthat astudent period is a favourable period for the formation of professional and personal values. The essence of «a social project» and «a socio-pedagogical design»concepts is revealed. A social project is considered as an innovation in social environment, positively significant for people, an instrument of social changes and a creative process. A socio-pedagogical design isthe way of pedagogical processorganizing which carries out the interaction of the subjects in the process of achieving social and personally significant goalsharmoniously.One's own vision and algorithm of a social and pedagogical design organizingby the students of a higher education institution on the basis of the reflective analysis of the researches concerning this problemare offered. Necessary conditions for its effectivenessare identified: integration, subjective integration and value-motivational attitude. The stages and types of students'activities in a design process arerevealed, i.e. analytical, scientific and theoretical, designing, active and reflexive. The necessity of reflection after each design stage is especially emphasized. The results of students'inclusion in this type of activity are presented through the example of the project «A yard area is as a developing environment». It has beenproved that socio-pedagogical design technology does not only reflects the contents but also provides the formation of graduates'universal competences.

Keywords: a socio-pedagogical design, physical culturefuture specialists, the formation of universal competences

Укрепление репродуктивного здоровья населения страны и создание благоприятных условий формирования мотивации к организации здорового образа жизни выступают ценностно-целевой парадигмой государственной политики Российской Федерации. Согласно данным Росстата за последние три года произошло не только сокращение числа детских оздоровительных лагерей на 1,7 тыс. и снижение потребительских расходов населения на организацию отдыха и культурных мероприятий, но и увеличение численности населения с денежными доходами ниже прожиточного минимума на 3,5 млн человек [1, с. 160, 232, 236]. Перед специалистами в области физической культуры объективно существует проблема разрешения противоречия между необходимостью реализации государственной политики в области физической культуры и отсутствием возможности основной массы населения страны воспользоваться различными физкультурно-оздоровительными или развивающими физическое здоровье мероприятиями. Выход из создавшего положения нам видится в привлечении будущих специалистов в области физической культуры к социально-педагогическому проектированию и реализации проектов в социальной среде на основе человекоцентрированного подхода и принятия ими субъектной позиции. Если рассматривать

студенчество как благоприятный период формирования профессионально-личностных ценностей, ярко выраженной потребности в созидательно-творческой деятельности в рамках общественных отношений, благодаря способности критического оценивания себя и окружающих, аргументированности оригинальных решений, то их включение в социально-педагогическое проектирование не только удовлетворит индивидуальные потребности, но и обеспечит формирование универсальных компетенций в процессе профессиональной подготовки.

Цель исследования: выявить влияние социально-педагогического проектирования на формирование универсальных компетенций будущих специалистов в области физической культуры.

Материалы и методы исследования

Анализ научно-методических работ позволил определить сущность ведущих понятий нашего исследования «социальный проект», «социально-педагогическое проектирование». Так, в исследованиях ряда ученых социальный проект рассматривается как нововведение в социальной среде, положительно значимое для людей [2]; инструмент социальных изменений [3]; творческий процесс конструирования системы социальных действий [4] (рис. 1).

Обобщая вышеизложенное, можно утверждать, что социальный проект – это инновационно-творческий процесс, реагирующий на конкретную социальную проблему, разрешение которой обеспечивает удовлетворение потребностей субъектов социума и воздействует на развитие социальной ситуации. Заметим, что для достижения результативности социального проекта используются различные средства и ресурсы – материальные, социальные, интеллектуальные и др. Однако профессионально-педагогическая составляющая в данном случае развивается не столь успешно.

Одним из видов проектирования выступает социально-педагогическое, о необходимости включения данного вида деятельности в образовательный процесс учащейся молодежи все чаще поднимается вопрос. Именно в этом случае гармонично интегрируются социально-содержательный и профессионально-личностный аспекты образования. Ведущий ученый в области социально-педагогического проектирования И.В. Власюк, отмечая значимость данного вида деятельности, рассматривает его как целенаправленную деятельность по разработке и прогнозированию на основе проективной модели системы мер и основных направлений семейной политики, ориентированной на ценности семьи и предназначенной к массовому использованию в социально-педагогических системах [5]. Рассмотрим содержательную характеристику понятия «социально-педагогическое проектирование» (рис. 2).

Нам близка позиция И.В. Вагнер в раскрытии сущности понятия «социально-педагогическое проектирование» как способа организации педагогического процесса, где гармонично осуществляется взаимодействие трех субъектов (преподаватель, студент и группа заинтересованных лиц социальной среды) в процессе достижения социальных и личностно значимых целей. Действительно, при таком подходе создаются благоприятные условия для принятия студентами субъектной позиции в процессе разрешения социальной проблемы собственными силами, т.е. педагогическими средствами.

Анализ опыта внедрения социально-педагогического проектирования в образовательный процесс позволил нам выявить необходимые условия результативности данного процесса, к которым относятся:

– *интегративность* как государственная, общественная и личностная значимость проекта; интеграция по содержанию (полученные знания и умения по разным дисциплинам в процессе проектирования); по способу деятельности (интеграция в социальную среду в рамках взаимодействия с различными социальными партнерами или заинтересованными лицами);

– *субъектная включенность* – самореализация личности в созидательно-творческой деятельности;

– *ценностно-мотивационная позиция* – стимулирование к социальному творчеству, ориентированному на овладение социальным опытом и организацию самостоятельного поиска новых решений в социально значимых инициативах с целью создания среды духовно-нравственного развития её субъектов [9].

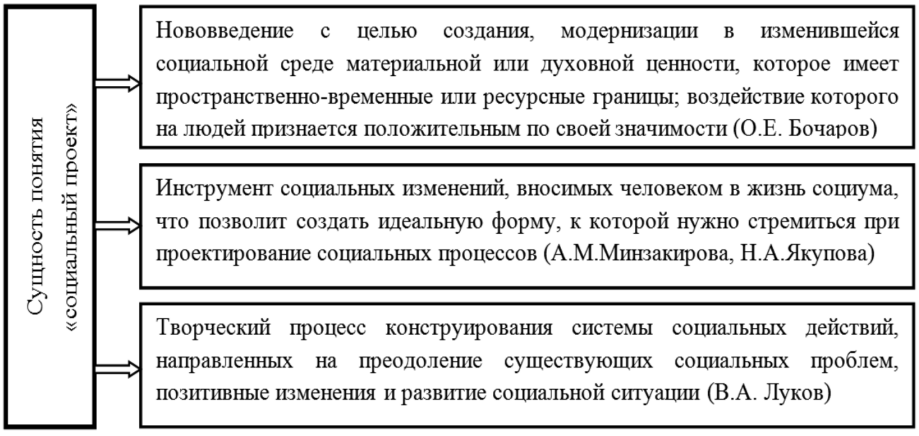


Рис. 1. Сущность понятия «социальный проект»

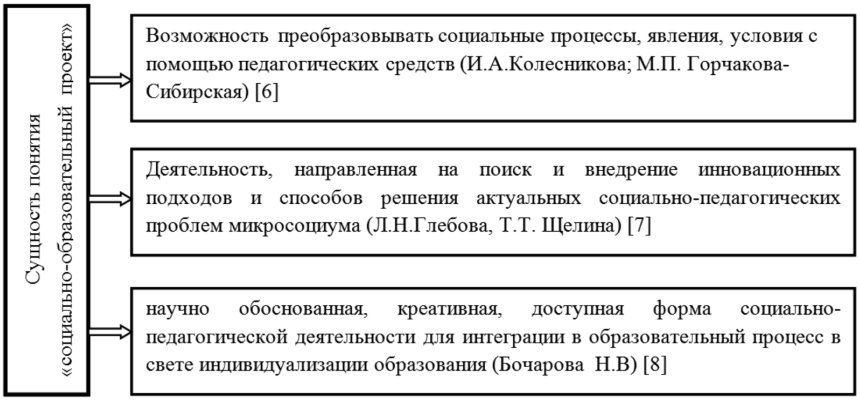


Рис. 2. Сущность понятия «социально-образовательный проект»

Следует отметить, что у бакалавров уже имелся некоторый опыт организации проектной деятельности в социальной среде в рамках проведения акции «Добровольцы – детям» для детей-сирот и воспитанников воскресных школ, а для пожилых людей – спартакиада «Будь здоров» [10]. Ценностными ориентирами в данных проектах выступало осознание участниками значимости и необходимости физической культуры в плане личностного развития. Однако системно-целостного видения процесса и результата социально-педагогического проектирования у студентов не возникло.

Очевидна объективная потребность вовлечения бакалавров, будущих специалистов в области физической культуры и спорта, в процесс социально-педагогического проектирования, включающий в себя определенную последовательность этапов и основных видов деятельности студентов:

1. Аналитический – сбор эмпирических данных, систематизация, обобщение и выявление проблемы по заданной теме.

2. Научно-теоретический – анализ научных и научно-методических разработок, позволяющих разрешить существующие проблемы.

3. Проектировочный – разработка проекта и программы мероприятий по его реализации с участием заинтересованных лиц.

4. Деятельностный – реализация программы действий в социальной среде.

5. Рефлексивный анализ результатов и причин затруднений, выявление возможных способов их предотвращения; анализ изменений в социальной среде и в личностном росте.

Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим более подробно деятельность студентов на каждом этапе социально-педагогического проектирования на примере проекта «Дворовая территория как развивающая среда».

Аналитический этап. На данном этапе анализ досуговой деятельности детей и подростков проводился в микрорайоне новостройки со стандартным набором спортивных сооружений и детской площадкой. В рамках включенного наблюдения было установлено, что данные объекты использовались нерационально для создания развивающей среды дворовой территории, что и предопределило постановку проблемы. Депроблематизация заключалась в разработке цели, а также задач и инструментария для её достижения.

Студенты осуществили декомпозицию поставленной цели проекта в задачах, т.е. заменили решение одной большой цели решением серии взаимосвязанных, но более простых задач: выявили имеющиеся ресурсы для достижения цели проекта, осуществили поиск необходимой информации для достижения задач проекта и последовательность шагов для достижения заданного результата.

Кроме того, составлен паспорт спортивных сооружений и детской площадки, проведен анализ досуговой занятости детей и подростков, выявлены образовательные возможности дворовой территории.

На следующем этапе – научно-теоретическом – осуществлялся отбор источников информации и анализ различных точек зрения на поставленные задачи. В результате проделанной работы определена характеристика развивающей среды, выявлены психолого-педагогические подходы взаимодействия с детьми разного возраста и возможности использования спортивных сооружений для развития их физических качеств и двигательных способностей.

Результатами проектировочного этапа выступали несколько позиций:

– разработана программа спортивных мероприятий на определенный срок;

– создана картотека развивающих упражнений, игр и конкурсов для каждого вида спортивного сооружения с учетом возраста участника;

– разработаны варианты сценариев спортивных мероприятий, в том числе для детей с особыми образовательными потребностями;

– определены роли студентов в команде (за проведением каждого мероприятия была закреплена конкретная группа и назначен руководитель из числа студентов);

– уточнена тактика взаимодействия с заданной категорией людей в соответствии с возрастными, этническими особенностями (родители детей, председатель товарищества собственников жилья и др.);

– организованы активные группы (отряд помощников) подростков и взрослых для проведения мероприятий.

Деятельностный (внедренческий) этап осуществлялся в течение недели. Реализовывалась программа спортивно-развивающих мероприятий. Каждый день был посвящен конкретной теме (например, «Планета игр», «В гости к Айболиту», «Внимание, пешеход!», «Олимпийский день», «Твоя дорога к спорту» и др.).

Руководитель команды студентов отвечал за распределение временных и материальных ресурсов, осуществлял деловую коммуникацию, обеспечивал обмен информацией между членами команды. Особое внимание уделялось безопасности проведения мероприятий и созданию условий, способствующих сохранению жизни и здоровья детей.

Информационная поддержка (объявления о предстоящем мероприятии, результаты соревнований и конкурсов) осуществлялась через написание пресс-релизов, оформление фотогазет и экрана соревнований на досках объявлений, а также размещения в сети Интернет на сайте ТСЖ.

На закрытии спортивной недели с подведением итогов и будущих мероприятий выступали студенты – руководители, а также председатель ТСЖ и наиболее активные родители.

Рефлексивный этап социально-педагогического проектирования проходил в форме проблемного семинара и включал в себя анализ результатов и причин затруднений при реализации проекта, выявление возможных способов их предотвращения. В своих выступлениях студенты отметили, что организация и проведение спортивных мероприятий такого рода предопределяет более серьезное отношение к результатам собственной образовательной деятельности в вузе. Педагогические приемы и способы взаимодействия с детьми и подростками не вызывали особых затруднений. Однако при работе с взрослым населением студенты отмечали недостаток знаний по андрагогике.

Были установлены ряд затруднений: выбора оптимального варианта на основе анализа различных точек зрения на поставленные задачи; привлечение взрослого населения к организации и проведению мероприятий; отсутствие возможности отслеживания изменений в социальной среде дворовой территории, которые возникли благодаря реализации данного социально-педагогического проекта.

Необходимо отметить, что каждое выделенное затруднение возникает на конкретном этапе социально-педагогического проектирования. Следовательно, существует объективная необходимость проведения рефлексии после каждого этапа.

Выводы

Гипотетическим предположением нашего исследования выступало определение влияния социально-педагогического проектирования на формирование универсальных компетенций будущих специалистов в области физической культуры. В ходе исследования установлено, что одним из важных условий выступает четкое выполнение алгоритма процесса проектирования с рефлексией этапов не только самого процесса проектирования, но и полученного личностного образовательного продукта. Это, в свою очередь, предопределяет приобретение способности осуществлять поиск, анализ и синтез содержания, необходимого для решения социальной проблемы, применять системный подход для решения поставленных задач в контексте интеграции по содержанию (социологии, педагогики, андрагогики, психологии и др.) и способу деятельности (социальное взаимодействие с различными возрастными группами в рамках принятия совместного решения и реализация собственной роли в команде) для достижения целевой установки – депроблематизации социальной среды. Все это и определяет сущность универсальных компетенций студентов. Осознание логики и овладение инструментарием решения социальной проблемы возможностями физической культуры является мощным фактором социально-педагогической активности студентов, формирования индивидуального профессионального опыта с различными слоями населения, актуализации внутренних возможностей саморазвития и создания пространства для самореализации личности в социальном творчестве.

Список литературы

1. Российский статистический ежегодник. 2017: Статистический сборник. М., Росстат. 2017. 686 с.

2. Бочаров О.Е. Социальное проектирование как фактор формирования гражданской позиции студентов: автореф. дис. … канд. пед. наук: 13.00.02. Кострома, 2009. 19 с.

3. Минзакирова А.М., Якупова Н.А. Технология социального проектирования: методическое пособие / сост.: А.М. Минзакирова, Н.А. Якупова. Казань: РЦМИПП, 2011. 48 с.

4. Луков В.А. Социальное проектирование: Учеб. пособие. 3-е изд., перераб. и доп. М.: Изд-во Моск. гуманит.-социальн. академии: Флинта, 2003. 240 с.

5. Власюк И.В. Научно-методическое обеспечение подготовки педагога к социально-педагогическому проектированию программ семейной политики // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2014. № 6 (91). С. 33–37.

6. Колесникова И.А., Горчакова-Сибирская М.П. Педагогическое проектирование: учеб. пособие для высш. учеб. заведений / Под ред. И.А. Колесниковой. М: Издательский центр «Академия», 2005. 288 с.

7. Глебова Л.Н., Щелина Т.Т. Возможности социально-профессионального проектирования в подготовке специалистов для социальной сферы // Известия Санкт-Петербургского университета экономики и финансов. 2008. № 4. С. 34–40.

8. Бочарова Н.В. Социально-педагогического проектирование личностной самоорганизации студентов вузов // Инновации и инвестиции. 2013. № 7. С. 13–16.

9. Вагнер И.В. Социально-педагогическое проектирование воспитательного процесса в современной России // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2013. № 3 (123). С. 18–23.

10. Чистякова Е.Г., Федотова Г.А. Формирование толерантной деятельности у будущих специалистов по физической культуре // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 5 [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=28094 (дата обращения: 24.11.2018).

УДК 371.12:351.851

СИТУАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ВЫБОРА СТИЛЯ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПЕДАГОГОМ ПРИ ПРИНЯТИИ РЕШЕНИЙ В ПРОБЛЕМНЫХ СИТУАЦИЯХ

Шаповалов В.И., Шуванов И.Б., Шуванова В.П.

Сочинский государственный университет, Сочи,
e-mail: shapovalov_vi@mail.ru, schuvanov@rambler.ru

В статье стиль деятельности педагога рассматривается как постановочный элемент управления образовательным процессом, направленный на выработку таких методов и приемов (сценариев) воздействия на ученика, которые обязательно приведут к планируемым учебным и воспитательным результатам с максимальной пользой, как для личности ученика, так и для оптимизации взаимоотношений в системе «педагог – ученик». Чтобы научить педагога использовать адекватные стили деятельности для успешного принятия решений в различных проблемных ситуациях, предлагается алгоритм выбора стиля педагогической деятельности; своеобразный «психологический тренажер», ориентированный на формирование принципов, правил, подходов, а в целом стиля деятельности, и основанный на известной ситуационной модели выбора стиля деятельности при принятии решений Врума и Йеттона. Проработка различных ситуационных моделей, используемых в «тренажере», помогает педагогу осознать необходимость наличия арсенала гибких стилей деятельности для решения разнообразных, и возможно, непредвиденных проблемных ситуаций в системе «педагог – ученик». В практической части работы на основе анализа корреляционных связей показано, что детерминированные стили деятельности (решения на основе использования «психологического тренажера») в большей степени соответствуют эталону (оценке экспертов), то есть более продуктивные и адекватные ситуации, чем индивидуальные – основанные на повседневных привычках управления учебным процессом. Таким образом, «психологический тренажер» – это задаваемый извне алгоритм выбора стилей деятельности. По мере освоения алгоритма у педагога появляется поведенческий навык использования адекватных стилей, которые интериоризируясь во внутренний план становятся психологическим механизмом индивидуального стиля деятельности. Реализованный психологический механизм со временем становится компетенцией, проявляющейся в готовности использовать педагогом оптимальные стили деятельности в любых проблемных ситуациях.

Ключевые слова: ситуационная модель, стиль деятельности педагога, проблемная ситуация, принятие решения, система «педагог – ученик», «психологический тренажер»

SITUATIONAL MODEL OF SELECTING THE STYLE OF ACTIVITY BY THE TEACHER WHEN TAKING DECISIONS IN PROBLEM SITUATIONS

Shapovalov V.I., Shuvanov I.B., Shuvanova V.P.

Sochi State University, Sochi, e-mail: shapovalov_vi@mail.ru, schuvanov@rambler.ru

The article considers the teacher's activity style as a staged element of the educational process management aimed at developing such methods and techniques (scenarios) of impact on the student that will necessarily lead to the planned educational and educative results with maximum benefit both for the student's personality and for optimizing the relationship in the system «teacher-to-student». To teach an educator to use adequate styles of activity for successful decision making in various problem situations, the article proposes an algorithm for choosing a style of pedagogical activity; a kind of «psychological simulator» oriented towards the formation of principles, rules, and approaches, and in general a style of activity based on the well-known situational model for choosing the style of activity when making decisions by Vroom and Yetton. The study of various situational models used in the «simulator» helps the teacher to realize the need for supplies of flexible styles of activity to solve various and possibly unexpected problem situations in the «teacher-to-student» system. In the practical part of the work based on the analysis of correlations, it is shown that deterministic styles of activity (decisions based on the use of a «psychological simulator») are more consistent with the standard (expert assessment), that is, more productive and normal situations than individual ones based on everyday customs management of the educational process. So, the «psychological simulator» is an externally defined algorithm for choosing activity styles. When teacher acquire the algorithm, he has a habit of using normal styles, which, being internalized into an internal plan, become the psychological mechanism of an individual style of activity. Over time, the implemented psychological mechanism becomes a competence, manifested in the readiness of the teacher to use the optimal styles of activity in any problem situations.

Keywords: situational model, style of teaching, problem situation, decision making, system «teacher-to-student», «psychological simulator»

Педагогический менеджмент рассматривает стиль деятельности педагога как специфически организованную, вариативную по ситуации динамическую систему психолого-педагогических средств, приемов, навыков, методов и способов осуществления педагогического управления, включающую по необходимости те или иные функции управления: организацию, планирование, контроль, мотивацию, принятие решений, коммуникацию [1, 2]. С точки зрения управления учебным процессом всю педагогическую деятельность можно представить как постоянно сменяющиеся методы и приемы работы с учащимися, т.е. стили управления [3].

В различных педагогических ситуациях для эффективного управления обучением педагог должен произвольно либо непроизвольно (интуитивно, субъективно) менять стиль деятельности, приспосабливаясь к условиям, возникающим в системе «педагог – ученик». В этом случае можно различать: стиль управления мотивацией ученика к учебной деятельности, стиль управления профориентационной работой, стиль убеждения, стиль принятия решений, стиль разрешения конфликтов в группе, стиль преподнесения учебного материала и т.д. Стиль деятельности педагога также меняется в условиях общения: формального (официального) или неформального («по душам»); с мальчиком (ми) или девочкой (ми) (гендерный фактор), с «трудными» детьми; с детьми, имеющими разные успехи в обучении, разные уровни социального статуса в группе, разные взгляды на значимость образования и пр.

Стиль деятельности педагога следует рассматривать как постановочный элемент управления образовательным процессом, направленный на выработку таких методов и приемов (сценариев) воздействия на ученика, которые обязательно приведут, во-первых, к планируемым учебным и воспитательным результатам с максимальной пользой для личности ученика, во-вторых, к оптимизации взаимоотношений в системе «педагог – ученик», что является важным стратегическим фактором успешности развития этих отношений в будущем. В таком качестве стиль деятельности педагога становится системообразующим фактором успешности всего процесса обучения и воспитания [4].

Таким образом, подход педагогического менеджмента к пониманию стиля деятельности, как вариативной составляющей в деятельности педагога в новых условиях социальных требований к формированию конкурентоспособной личности учащегося, является, безусловно, актуальным [5].

Необходимо отметить, что в России проблема стиля управления образовательным процессом решается своеобразно. В обществе довлеет мнение, что образовательный процесс – это, прежде всего, процесс формирования предметных компетенций на фоне жесткой социально-образовательной регламентации (установления обязательных правил, определяющих порядок деятельности, считающийся единственно нормальным, приемлемым в данном обществе) [6].

Многие ученые (А.В. Аракелов, М.Ф. Алиева [7]; Т.А. Баширов, А.И. Нафикова [8]; В.М. Данильченко [9]; А.А. Мейдус [10]; А.В. Панибратцев [11]; С.В. Чернов [12] и др.) отмечают, что глобализация образования в российской среде, вопреки широкому мнению о гуманизации и демократизации обучения, на самом деле усиливает процесс подготовки узконаправленного, жестко ориентированного на выполнение главным образом предметных компетенций специалиста в связи со стандартизацией (унификацией) процесса обучения.

В условиях известного специфического менталитета россиянина, ориентированного на свободу духа и изъявление своих позиций, глобализация ущемляет возможность развития социального, профессионального и личностного потенциала ученика, загоняет личность в рамки норм и требований западного образовательного сообщества, которое само часто отвергает эти требования и нормы.

Опыт педагогического управления западных стран показал, что обезличенное (технократическое, рациональное) обучение всегда более эффективно с точки зрения формирования профессиональных компетенций, но всегда недостаточно для формирования полноценной гармонически развитой личности. Проблема формирования полноценной гармонически развитой личности для России является первостепенной с точки зрения обеспечения конкурентоспособности страны [13]. Социально-психологическая стойкость личности россиянина – главнейший фактор конкурентоспособности страны и в системе международного сообщества. Поэтому именно в направлении разрушения идеологических, моральных, ценностных, патриотических и др. устоев молодого человека приходится основной удар идеологов Запада. И в этом им невольно способствует современная теория глобализации [14].

Практика свидетельствует, что с формированием социально-психологических компетенций обучающихся не все благополучно в нашем обществе. Наши выпускники в жизненных ситуациях, как правило, испытывают трудности при возникновении тех профессиональных и социальных проблем, которые для их успешного разрешения требуют от человека именно социально-психологической конкурентоспособности. Подчеркнем, что социально-психологическая конкурентоспособность – главный фактор успешности целенаправленного использования приобретенных в процессе обучения профессиональных (предметных) компетенций.

Эффективное управление учебным процессом в современных условиях предполагает равнозначное формирование как предметных, так и социально-психологических знаний и умений в их системном единстве,

что является принципиально важной составляющей развития реально конкурентоспособно действующей личности будущего специалиста. Для этого педагог должен владеть приемами и методами формирования предметных и социально-психологических знаний и умений учащихся в разнообразных учебных и жизненных проблемных ситуациях, т.е. обладать эффективным стилем управления образовательным процессом.

Цель исследования: разработать и апробировать алгоритм выбора стиля педагогической деятельности, ориентированного на формирование принципов, правил, подходов эффективного управления в системе «педагог – ученик», основанного на известной ситуационной модели выбора стиля деятельности при принятии решений Врума – Йеттона.

Материалы и методы исследования

Чтобы научить педагога гибко использовать адекватные стили деятельности для успешного принятия решений в различных проблемных ситуациях, в статье предлагается алгоритм выбора стиля педагогической деятельности; своеобразный «психологический тренажер», ориентированный на формирование принципов, правил, подходов, а в целом стиля деятельности педагога [3].

Задача «тренажера» – сформировать педагогическую компетенцию (в системе педагогической компетентности) использования адекватных стилей принятия решений педагогом в проблемных ситуациях, т.е. сформировать знания, опыт и умения и т.д., которые необходимы для профессионального исполнения (целенаправленного варьирования) стилей деятельности педагогом сообразно требованиям ситуации.

Проблемные ситуации в образовательном процессе возникают стихийно, спонтанно, имеют вероятностную природу; но могут быть санкционированы – преднамеренно созданы с целью создания искусственных проблем, решение которых связано с профессиональным или личностным ресурсом ученика или группы. Появление проблемной ситуации, как правило, связано с рассогласованием, с противоречиями, в том числе и в системе «педагог – ученик». Проблемная ситуация побуждает педагога к поиску адекватных альтернативных методов ее разрешения, т.е. применению наиболее действенного стиля при принятии решения. Педагогическая компетенция – «готовность к использованию эффективных стилей принятия решений в проблемных ситуациях» выступает важной составляющей педагогической компетентности в современных условиях [15].

«Тренажер» включает в себя пять возможных стилей педагогической деятельности, которые может использовать педагог в зависимости от того, в какой степени учащимся разрешается участвовать в принятии решений. Каждый из стилей имеет свои конкретные особенности. Применительно к руководству учащимся или группой учащихся, эти стили могут означать следующее:

– AI – авторитарный стиль. Педагог сам решает проблему или принимает решение, используя имеющуюся у себя на данный момент информацию;

– AII – благосклонно-авторитарный стиль. Педагог использует информацию, полученную от учеников, и затем сам принимает решение по проблемной ситуации. Получая информацию, он может сообщить или не сообщать участникам, в чем состоит суть проблемы. Роль учащихся – предоставлять информацию, а не участвовать в конкретном поиске и оценке альтернативных решений;

– KI – ограниченно-консультативный стиль допускает разбор частных предложений со стороны участников. Педагог излагает проблему индивидуально отдельным учащимся, которые, по его мнению, каким-либо образом могут повлиять на качество решения, и разбирает с ними идеи и предложения, но не выносит проблему на обсуждение всех участников. Затем педагог принимает свое решение, которое может отражать или не отражать мнения привлеченных участников;

– KII – консультативно-совещательный стиль (на основе коллективного обсуждения). Педагог излагает проблемную ситуацию группе учащихся, и вся группа обсуждает все выдвинутые идеи и предложения. Затем педагог принимает решение, которое может отражать или не отражать полученную информацию от учащихся;

– DI – демократический стиль. Педагог излагает проблемную ситуацию группе учащихся и все вместе выдвигают и оценивают альтернативы, пытаясь достичь компромиссного решения. Это типичная ситуация «мозгового штурма» – роль педагога сводится к общей организации свободного обсуждения проблемной ситуации и принятия оптимального решения. Он не стремится влиять на учащихся, чтобы они приняли обязательно «его» решение. Группа принимает решение на основе демократизма с учетом предложений и мнений, которые вся группа сочтет наиболее приемлемыми. Причем педагог не отказывается от ответственности, которую он несет за принятые решения.

«Тренажер» имеет сильную системную обратную связь – вместе с педагогом азы принятия решений (принципы, правила, особенности поведения и пр.) прививаются и учащимся.

Рассмотренные пять стилей педагогической деятельности представляют непрерывный ряд, начиная с автократического стиля принятия решений (AI и AII), затем идет консультативный (KI и KII) и наконец завершается полным участием – демократический стиль (DI). Использование каждого из них зависит от особенностей проблемной ситуации. На рис. 1 изображен континуум стилей педагогической деятельности отображенный в 10-балльной диагностической шкале.

Чтобы помочь педагогу разобраться в проблемной ситуации, отобрано 7 критериев, адаптированных к педагогической деятельности, по которым оцениваются возможности достижения эффективного решения в конкретной взаимодействующей системе «педагог – учащиеся».

I. Наличие или отсутствие явно предпочтительного решения.

II. Наличие достаточной информации и опыта у педагога для принятия качественного решения.

III. Степень структурированности предлагаемой проблемы (когда удается выявить факторы, влияющие на ее решение).

IV. Значение согласия учащихся с целями обсуждаемой проблемы и их заинтересованность в эффективном выполнении принятых решений.

V. С какой вероятностью можно ожидать, что автократическое (единоличное) решение педагога получит поддержку у обучаемых.

VI. В какой степени учащиеся согласны с тем, что решение данной проблемы в интересах группы, а значит, мотивирует учащихся на достижение результата.

VII. Степень вероятности развития конфликтной ситуации в связи с обсуждением и принятием того или иного варианта решения.

Каждый критерий представляется педагогу как вопрос, который он задает себе при оценке проблемной ситуации. Критерии и вопросы можно подбирать в зависимости от задач, которые решает педагог: обучение учащихся методам принятия решений; решение личностных проблем (например, конфликта), возникших в группе; совместное «педагог – группа» обсуждение и принятие решений по важным вопросам обучения (дисциплина, успеваемость, профориентация, волонтерская деятельность и пр.).

Чтобы определить, который из этих пяти стилей подходит к конкретной ситуации, педагог использует алгоритм в виде дерева решений (рис. 2). Начиная с левой стороны алгоритма, педагог отвечает на каждый вопрос и на этой основе подбирает соответствующий стиль принятия решения.

Таким образом, педагог должен:

– учитывать целый ряд организационных, профессиональных, социально-психологических и иных факторов, прежде чем выбрать тот или иной стиль деятельности принятия решения;

– принимая решение о привлечении учащихся, педагог должен решить вопрос о том, кому они будут делегироваться: отдельному индивиду или группе учащихся;

– педагог должен определиться, будет ли группа заниматься изучением проблемы и поиском альтернатив или же ей следует поручить и принятие окончательного решения;

– педагогу нужно определиться, примет ли он сам участие в обсуждении проблемной ситуации. При этом он может преследовать разные, но взаимосвязанные с точки зрения оптимизации решения в системе «педагог – ученик» цели: (1) отказаться от участия, чтобы проверить готовность группы к самостоятельному принятию решения, (2) принять участие, чтобы оказывать обучающее воздействие на процедуру принятия решения в группе.

Проработка различных ситуационных моделей, используемых в «тренажере», помогает педагогу осознать необходимость наличия арсенала гибких стилей деятельности для управления процессом принятия решений. Чтобы точно оценить ситуацию и выбрать наиболее эффективный стиль решения проблемной ситуации, тренажер «обучает» педагога адекватно представлять возможности группы и свои собственные способности; учитывать природу задачи, потребности, полномочия, качество информации и пр.

Задачей практической части работы является проверка работоспособности «психологического тренажера стиля педагогической деятельности». Для этого были отобраны 20 педагогов учреждений дополнительного образования, которые добровольно согласились участвовать в эксперименте.

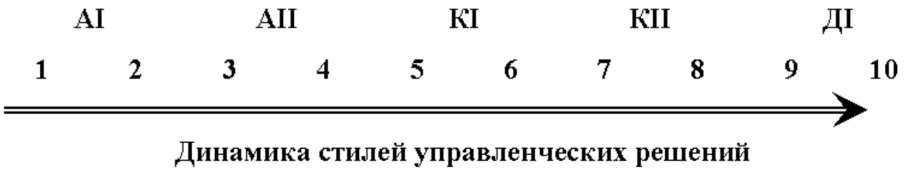


Рис. 1. Континуум стилей принятия решений

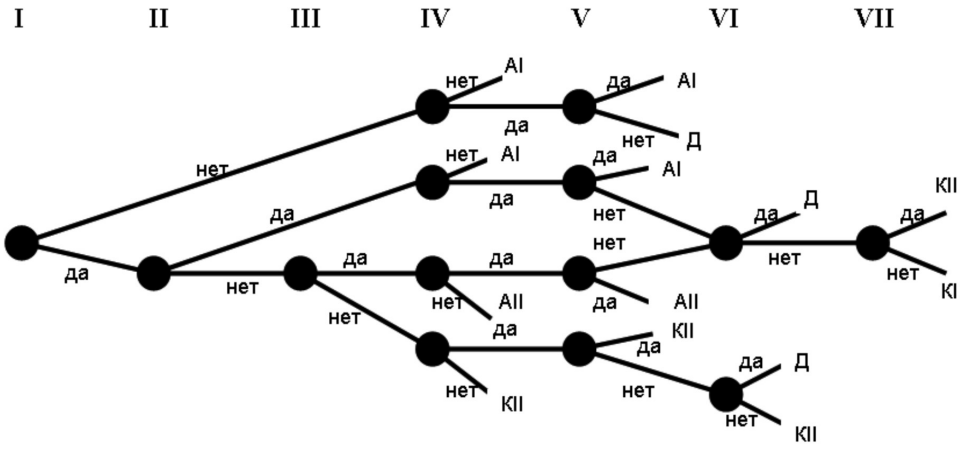


Рис. 2. Алгоритм выбора стиля педагогической деятельности [3]

Задача эксперимента заключалась в том, чтобы по 10-ти выбранным проблемным ситуациям сравнить следующие стили деятельности педагога при принятии решений:

– индивидуальный (И) в соответствии с установленной практикой и опытом повседневной работы педагога;

– детерминированный (Д), в нашем случае стиль деятельности педагога в соответствии с алгоритмом, предлагаемым «тренажером»;

– эталонный (оптимальный) (Э) – стиль, выработанный группой экспертов при совместном анализе проблемной ситуации.

В качестве проблемных ситуаций взяты ситуации из конкретной работы педагога с группой учащихся. Для этого педагогов попросили определить и представить в виде конкретного утверждения наиболее часто встречающиеся в повседневной практике проблемные ситуации. После статистической обработки были выбраны 10 наиболее часто возникающих в процессе обучения проблем. В отборе проблемных ситуаций не участвовали педагоги, принимающие участие в основном исследовании.

В нашем случае учебная или жизненная проблемная ситуация – это специально спланированная задача, направленная на пробуждение у учащихся интереса к обсуждаемой теме и поиск решения поставленной проблемы. Для исследования выбраны следующие важные для учащихся проблемные ситуации:

П.1 – проблема формирования правовых знаний, правовой грамотности, нормативного поведения учащихся;

П.2 – проблема противодействия экстремизму;

П.3 – решение личностных проблем (например, конфликта), возникших в группе;

П.4 – совместное «педагог – группа» обсуждение и принятие решений по важным вопросам обучения (дисциплина, успеваемость, профориентация, волонтерская деятельность и пр.);

П.5 – обсуждение любой профессиональной или жизненной проблемы, имеющей различные вероятностные решения;

П.6 – проблема формирования культуры поведения;

П.7 – проблема будущей профессии (профориентации);

П.8 – проблема личностного роста обучаемого;

П.9 – проблема отношений, возникающих в сфере эмоциональных личностных отношений в системе «педагог – ученик»;

П.10 – проблема взаимоотношений с родителями.

Результаты исследования и их обсуждение

В статье рассматриваются оценочные данные решений:

– выбранные педагогами индивидуально, исходя из опыта и привычек повседневной работы – («И»);

– детерминированные, согласно разработанному алгоритму – («Д»);

– выбранные экспертной группой (в нашем случае эталонное решение) – («Э»).

Все решения оценивались по разработанной нами 10-балльной шкале:

– 1–2 балла – авторитарное;

– 3–4 балла – благосклонно-авторитарное;

– 5–6 баллов – ограниченно-консультативное (на основе частных мнений);

– 7–8 баллов – консультативно-совещательное (на основе коллективных мнений);

– 9–10 баллов – демократическое решение.

Обработка результатов. Качество решения (индивидуального и детерминированного) оценивалось по степени их связи с эталонным с использованием коэффициента ранговой корреляции r_s Спирмена:

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \Sigma(d^2)}{N \cdot (N^2 - 1)}, \qquad (1)$$

где d – разность между рангами по двум переменным;

N – количество ранжируемых значений.

Метод ранговой корреляции Спирмена позволяет определить тесноту (силу) и направление корреляционной связи между двумя признаками и двумя профилями (иерархиями) признаков. В нашем случае коррелируемыми признаками будут, с одной стороны, индивидуальные и детерминированные решения, с другой – эталонные решения. Расчеты производились с помощью компьютера программой Excel.

В таблице приведены корреляционные зависимости между:

– индивидуальными и экспертными оценками («И» – «Э»);

– детерминированными и экспертными оценками («Д» – «Э») (таблица).

Из таблицы следует, что по семи проблемным ситуациям (1, 3, 4, 6, 7, 8 и 10) связи между детерминированными и экспертными стилями принятия решений выше, чем между индивидуальными и экспертными. Для оставшихся трех ситуаций (2, 5 и 9) значения связей между детерминированными и экспертными стилями принятия решений незначительно ниже, чем между индивидуальными и экспертными.

Расчетные данные коэффициентов корреляции*

Ситуации / Стили	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
«И» – «Э»	0,25	0,43	0,34	0,27	0,39	0,19	0,38	0,29	0,44	0,18
«Д» – «Э»	0,51	0,41	0,67	0,42	0,27	0,38	0,60	0,54	0,40	0,58

Примечание. *при $p < 0,05$.

Выводы

Из анализа корреляционных связей видно, что детерминированные стили деятельности (решения на основе использования «психологического тренажера») в большей степени соответствуют эталону, то есть более продуктивные и адекватные ситуации, чем индивидуальные, основанные на привычках повседневной работы.

Таким образом, «психологический тренажер» стиля педагогической деятельности – это задаваемый извне алгоритм выбора стилей деятельности педагогом для решения различных проблемных ситуаций. По мере освоения алгоритма у педагога появляется поведенческий навык использования адекватных стилей деятельности, который, интериоризируясь во внутренний план, становится психологическим механизмом индивидуального стиля деятельности. Реализованный психологический механизм индивидуального стиля деятельности при решении проблемных ситуаций со временем становится компетенцией, проявляющейся в готовности реализовывать педагогом оптимальные стили деятельности в любой проблемной ситуации.

Статья отражает результаты исследования, выполненного по гранту РФФИ и администрации Краснодарского края № 18-413-230012.

Список литературы

1. Ситаров В.А. Педагогический менеджмент как теория и практика управления образовательным процессом // Знание. Понимание. Умение. 2014. № 3. С. 23–31.

2. Шуванов И.Б., Шуванова В.П., Шаповалов В.И. Средства массовой коммуникации в профессиональной ориентации подростков в постолимпийский период развития города Сочи // Современные проблемы науки и образования. 2018. № 4 [Электронный ресурс]. URL: http://www.science-education.ru/article/view?id=27914 (дата обращения: 04.11.2018).

3. Мескон М.Х., Альберт М., Хедоури Ф. Основы менеджмента; пер. с анг. М.: Дело, 2012. 702 с.

4. Майоров А.Б. Системообразующие факторы менеджмента обучения и воспитания студентов учреждения среднего профессионального образования // Педагогическое образование в России. 2014. № 4. С. 77–79.

5. Шаповалов В.И. Конкурентоспособность учащегося как интегральный критерий эффективности дополнительного профессионального образования школьников // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. 2008. № 6. С. 36–40.

6. Смородинова М.В. Модель формирования предметных компетенций учащихся основного общего образования // Образование и воспитание. 2016. № 5. С. 18–22 [Электронный ресурс]. URL: https://moluch.ru/th/4/archive/48/1646/ (дата обращения: 30.11.2018).

7. Аракелов А.В., Алиева М.Ф. Система образования в условиях глобализации // Вестник АГУ. 2014. № 4. С. 94–102.

8. Баширов Т.А., Нафикова А.И. Глобализационные процессы и кризис европейской цивилизации // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–2 [Электронный ресурс]. URL: http:// science-education.ru/ru/article/view?id=22964 (дата обращения: 02.11.2018).

9. Данильченко В.М. Глобализация и образование в XXI веке // Высшее образование сегодня. 2004. № 3. С. 44–57.

10. Мейдус А.А. Образование в эпоху глобализации: диалектика перспектив и рисков // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–1 [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=20622 (дата обращения: 02.11.2018).

11. Панибратцев А.В. Глобализация и проблемы высшего образования в России // Научный вестник МГТУГА. 2014. № 203. С. 49–54.

12. Чернов С.В. Наука и образование в ракурсе XXI века // Научные труды института непрерывного профессионального образования. Выпуск третий (№ 3/2014): Материалы Общероссийской научно-практической конференции «Наука. Образование. Проектная деятельность: Россия – XXI век». М.: Издательство института непрерывного профессионального образования, 2014. С. 13–21.

13. Сайфидинов Б.С., Абрамова К.А. Человеческий капитал как ключевой фактор конкурентоспособности страны // «НоваИнфо». 2017. № 68–1 [Электронный ресурс]. URL: https:// novainfo.ru/article/13663 (дата обращения: 18.11.2018).

14. Вебер А.Б., Галкин А.А., Красин Ю.А. О России с тревогой и надеждой. М.: Алетейя, 2008. С. 435.

15. Санталайнен Т., Воутилайнен Э., Поренне П., Ниссинен Й.Х. Управление по результатам; пер. с финского: под общ. ред. Я.А. Лейманна. М.: Прогресс: Универс, 1993. 320 с.