# СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

**№ 7, 2018**

**ISSN 1812–7320**

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

**Журнал издается с 2003 г.**
**12 выпусков в год**

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



***ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР***

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

***Ответственный секретарь редакции***
***Бизенкова Мария Николаевна***

***РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ***

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

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

**Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,858.**

**Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,391.**

**Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.**

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

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

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

Подписано в печать – 31.07.2018
Дата выхода номера – 31.08.2018

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 29
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2018/7
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

# СОДЕРЖАНИЕ

***Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)***

ПРАКТИКИ ТЕСТИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
*Ананченко И.В., Распопа Е.А., Хаджиев И.В.* ..... 9

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ШТУЧНЫХ (МЕРНЫХ) ЗАГОТОВОК, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ХОЛОДНОЙ ОСАДКОЙ
*Антонюк Ф.И., Кузнецов И.В., Сорокин П.С., Ермачков Р.О.* ..... 14

МЕТОДИКА ПРОЕКТНОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСА ЗУБЧАТЫХ МУФТ ПО КРИТЕРИЮ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
*Анцупов В.П., Слободянский М.Г., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов А.В.* ..... 20

ПОВЫШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ ВВОДОМ НАНОЧАСТИЦ $SIO_2$
*Горев Д.С., Потапов В.В., Горева Т.С., Портнягин Н.Н.* ..... 26

ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ КСЕНОБИОТИКОВ И МИКРОБИОЦЕНОЗА В КОМПОСТИРУЕМОМ СУБСТРАТЕ «ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ + АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ»
*Джамалова Г.А., Мусина У.Ш., Еликбаев Б.К., Джолдыбаева С.М., Дюсебева И.А., Рисбекова Г.М., Кайдарова Г.Е., Капар А.Т.* ..... 31

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНА
*Корнеев А.М., Бузина О.П., Суханов А.В., Галай И.Г.* ..... 37

ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ИНФРАСТРУКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК
*Костюкова А.П., Костюкова Т.П., Саубанов В.С., Лысенко И.А.* ..... 43

УНИВЕРСАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГУЛИРОВКИ И МОДУЛЯЦИИ СВАРОЧНОГО ТОКА
*Крампит А.Г., Крампит М.А., Петрова К.Е., Садыров Р.К.* ..... 49

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТАРАНА В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ТЕПЛОВОМ ПУНКТЕ
*Кудашев С.Ф., Кудашева О.В., Душутина О.В., Равилов Р.* ..... 55

ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ
*Лелюхин В.Е., Игнатьев Ф.Ю., Колесникова О.В.* ..... 60

ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ТЕАТРАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ
*Макарова Е.Е.* ..... 65

ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОМЕРНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ
*Метус А.М.* ..... 72

МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ПОЛЛИНГОВЫХ СИСТЕМ С ОГРАНИЧЕННЫМ ВРЕМЕНЕМ ЖИЗНИ ЗАЯВОК
*Печеный Е.А., Муршед Ф.А., Нуриев Н.К.* ..... 77

РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЁРА DUOMATIC 09-32
*Сатдаров М.Р., Староверова Н.А.* ..... 84

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛЫХ ВНУТРЕННИХ ДВИЖЕНИЙ НЕВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ ЖИДКОСТИ
*Свиридова Е.Н.* ..... 88

ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ
*Скрыпников А.В., Козлов В.Г., Чернышова Е.В., Микова Е.Ю., Ломакин Д.В.* ..... 93

СИНТЕЗ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В НЕЙРОСЕТЕВОМ БАЗИСЕ
*Смирнов А.А., Бондарь В.В., Белоконь Л.В., Саиег Т.Х., Мирзоян М.В., Смирнова О.Н.* ..... 98

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АДАПТИВНОЙ СРЕДЫ ОБУЧЕНИЯ НА БАЗЕ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ
*Соколов П.В., Ченцов С.В.* ..... 103

О РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ЖИЛЫХ РАЙОНАХ
*Соловьев А.Ю.* ..... 108

РАЗРАБОТКА И КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УЧРЕЖДЕНИЯ
*Сурушкин М.А.* ..... 114

ОДНОМЕМБРАННЫЙ ПРИВОД С ВСТРОЕННОЙ КАМЕРОЙ ОПОРЫ ШТОКА
*Сысоев С.Н., Воздуган А.А., Фуртиков С.А.* ..... 120

ПОСТРОЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РОБОТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОБЪЕКТОВ
*Умнов В.П.* ..... 126

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА АВТОМАТА ОТРЕЗКИ ТРУБ И ОБТОЧКИ ФАСОК
*Хазиев Э.Л., Хазиев М.Л.* ..... 131

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ УСТАНОВКИ, ИЗВЛЕКАЮЩЕЙ СВАИ ИЗ ДОННОГО ГРУНТА
*Черников А.В.* ..... 136

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ И АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА
*Чикишев Е.В., Гаспарян Г.Д.* ..... 142

ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕНЗЫ)
*Щепетова В.А., Назариков П.Ю.* ..... 150

К ВОПРОСУ О ЗАМЕЩЕНИИ AUTOCAD АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ САПР ПРОДУКТАМИ В СФЕРЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ
*Яроцкая Е.В., Патов А.М., Кузнецова А.С.* ..... 155

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

ИМПЛИЦИТНЫЙ СМЫСЛ ПУБЛИЦИСТИЧЕСКОГО ТЕКСТА В ПРАКТИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО (НА МАТЕРИАЛЕ УЧЕБНИКА «ДОРОГА В РОССИЮ»)
*Акашева К.Н., Горовая И.Г.* ..... 162

ОРГАНИЗАЦИЯ ТРЕНИНГОВЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ГАРМОНИЗАЦИИ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ДЕТЬМИ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА И РОДИТЕЛЯМИ (ЛИЦАМИ, ИХ ЗАМЕНЯЮЩИМИ)
*Бакаева О.Н., Гамова С.Н., Фаустова И.В.* ..... 167

СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТОИМЕНИЙ В РУССКОМ ЯЗЫКЕ И ХИНДИ ПРИ ОБУЧЕНИИ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ
*Балтаева В.Т., Евдокимова А.Г.* ..... *172*

ОТНОШЕНИЕ СТАРШЕКЛАССНИКОВ К ПЕДАГОГАМ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
*Безенкова Т.А., Слепухина Г.В., Степанова О.П.* ..... *177*

О СОДЕРЖАНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ
*Вострикова Н.М., Безрукова Н.П.* ..... *183*

ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗВИТИЯ ТАКТИКИ ФУТБОЛА С ИЗМЕНЕНИЕМ ПРАВИЛ СОРЕВНОВАНИЙ
*Драндров Г.Л., Асанин В.Ю., Кудяшев Н.Х.* ..... *188*

НАЗНАЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ВУЗА
*Крайнова Е.А., Садова К.В., Тараканов А.В.* ..... *193*

ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВА ПЕРВОКЛАССНИКОВ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
*Лазарев М.А., Москвина А.С., Курбатова Н.В.* ..... *199*

ПЕРСПЕКТИВА РЕАЛИЗАЦИИ КОВОРКИНГА В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ
*Маясова Т.В., Лекомцева А.А., Федянина С.П.* ..... *204*

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММЫ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ КАДЕТСКОГО КЛАССА
*Сидоренко О.М., Маслак А.А.* ..... *209*

ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ В ШКОЛЕ-ИНТЕРНАТЕ ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ И СЛЕПЫХ ДЕТЕЙ
*Хамадеева Р.Х., Большакова Н.Л., Испулова С.Н.* ..... *214*

ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ УМСТВЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ
*Хохлова М.В., Соболева Г.Н.* ..... *219*

ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПОДРОСТКОВ КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ
*Цаплин А.О.* ..... *224*

ФОРМИРОВАНИЕ ВОКАЛЬНО-ИСПОЛНИТЕЛЬСКОГО МАСТЕРСТВА БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ МУЗЫКИ
*Царькова Е.Г.* ..... *229*

## CONTENTS

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

TESTING PRACTICES IN THE FIELD OF SOFTWARE LOCALIZATION
*Ananchenko I.V., Raspopa E.A., Khadzhiev I.V.* ..... 9

TECHNOLOGICAL FACTORS OF INCREASING ACCURACY OF DIAMETRICAL SIZE OF SINGLE-PIECE WORKPIECES PRODUCED BY COLD UPSETTING
*Antonyuk F.I., Kuznetsov I.V., Sorokin P.S., Ermachkov R.O.* ..... 14

ENGINEERING ESTIMATE METHOD FOR FAILURE-FREE SERVICE LIFE OF TOOTHED CLUTCHES
*Antsupov V.P., Slobodyanskiy M.G., Antsupov A.V. (jr.), Antsupov A.V.* ..... 20

INCREASE IN THE CHARACTERISTICS OF CONCRETE BY THE INTRODUCTION OF $SIO_2$ NANOPARTICLES
*Gorev D.S., Potapov V.V., Goreva T.S., Portnyagin N.N.* ..... 26

VARIABILITY OF CONCENTRATION OF XENOBIOTICS AND MICROBIOCENOSIS IN COMPOSTING SUBSTRATE «MUNICIPAL SOLID WASTE + ACTIVATED CARBON»
*Dzhamalova G.A., Musina U.Sh., Elikbaev B.K., Dzholdybaeva S.M., Dyusebeva I.A., Risbekova G.M., Kaydarova G.E., Kapar A.T.* ..... 31

INTELLIGENT SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN THE CONTROL SYSTEM IN PROCESS FORMATION THE OPTIMAL CHEMICAL COMPOSITION OF CASTINGS FROM THE IRON
*Korneev A.M., Buzina O.P., Sukhanov A.V., Galay I.G.* ..... 37

PECULIARITIES OF DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCIES IN INFRASTRUCTURAL DESIGNING OF INDUSTRIAL PLANTS
*Kostyukova A.P., Kostyukova T.P., Saubanov V.S., Lysenko I.A.* ..... 43

UNIVERSAL DEVICE FOR ADJUSTMENT AND MODULATION OF WELDING CURRENT
*Krampit A.G., Krampit M.A., Petrova K.E., Sadyrov R.K.* ..... 49

HYDRAULIC RAM IN THE INDIVIDUAL HEATING UNIT
*Kudashev S.F., Kudasheva O.V., Dushutina O.V., Ravilov R.* ..... 55

INFLUENCE OF STRUCTURE FUNCTIONAL RELATIONSHIPS IN THE FORMATION PROCESS OF MACHINING PARTS
*Lelyukhin V.E., Ignatev F.Yu., Kolesnikova O.V.* ..... 60

EXPERIMENTAL THEATER CENTERS' TYPOLOGICAL ARCHITECTURE FEATURES FORMATION
*Makarova E.E.* ..... 65

FORMATION OF MULTIDIMENSIONAL ESTIMATE OF NATURAL AND TECHNOGENIC TERRITORY SAFETY INDICATORS
*Metus A.M.* ..... 72

MODELING OF EFFECTIVE ADMINISTRATION OF POLLING SYSTEMS WITH LIMITED CUSTOMER LIFETIME
*Pechenyy E.A., Murshed F.A., Nuriev N.K.* ..... 77

DEVELOPMENT OF THE DUOMATIC 09-32 VIRTUAL SIMULATOR
*Satdarov M.R., Staroverova N.A.* ..... 84

MATHEMATICAL MODELING OF SMALL INTERNAL MOTIONS IN NONVISCOUS INCOMPRESSIBLE STRATIFIED LIQUID
*Sviridova E.N.* ..... 88

INFORMATION MODEL OF MANAGEMENT OF THE SYSTEM
OF FORESTRY TRANSPORT FLOWS
*Skrypnikov A.V., Kozlov V.G., Chernyshova E.V., Mikova E.Yu., Lomakin D.V.* ..... 93

THE SYNTHESIS OF THE COMPUTING SYSTEMS ELEMENTS
IN NEURAL NETWORK BASIS
*Smirnov A.A., Bondar V.V., Belokon L.V., Saieg T.Kh., Mirzoyan M.V., Smirnova O.N.* ..... 98

TECHNOLOGICAL SUPPORT OF THE ADAPTIVE EDUCATIONAL
ENVIRONMENT BASED ON E-LEARNING SYSTEMS
*Sokolov P.V., Chentsov S.V.* ..... 103

ON THE DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX
FOR MONITORING HOUSEHOLD WASTE IN RESIDENTIAL AREAS
*Solovev A.Yu.* ..... 108

DEVELOPMENT AND COMPUTER REALIZATION OF MANAGEMENT MODEL
OF INSTITUTION EDUCATIONAL ACTIVITY
*Surushkin M.A.* ..... 114

SINGLE-DIAPHRAGM DRIVE WITH A BUILT-IN CHAMBER OF THE ROD'S SUPPORT
*Sysoev S.N., Vozdugan A.A., Furtikov S.A.* ..... 120

CREATION OF EXECUTIVE SYSTEMS OF ROBOTS FOR PROCESSING
OF LARGE-SIZE OBJECTS
*Umnov V.P.* ..... 126

INTELLIGENT DIAGNOSTIC SYSTEM FOR HYDRAULIC DRIVE MACHINE
TUBE CUTTING AND GRINDING OF CHAMFERS
*Khaziev E.L., Khaziev M.L.* ..... 131

MATHEMATICAL MODEL OF BEHAVIOR OF THE INSTALLATION RECEIVING
THE PILE FROM THE DENSE SOIL
*Chernikov A.V.* ..... 136

MATHEMATICAL MODEL OF THE CUTTING PROCESS USING ULTRASONIC
VIBRATIONS AND ANALYSIS OF PROCESS STABILITY
*Chikishev E.V., Gasparyan G.D.* ..... 142

REALIZATION OF ECOLOGICAL SAFETY AT PRODUCTION
OF REINFORCE-CONCRETE WARES (ON EXAMPLE OF CITY OF PENZA)
*Shchepetova V.A., Nazarikov P.Yu.* ..... 150

ON THE QUESTION OF SUBSTITUTE AUTOCAD ALTERNATIVE CAD PRODUCTS
IN THE SPHERE OF LAND MANAGEMENT AND THE REAL ESTATE CADASTRE
*Yarotskaya E.V., Patov A.M., Kuznetsova A.S.* ..... 155

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

THE IMPLICIT MEANING OF PUBLICISTIC TEXT IN PRACTICE
OF TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE
(ON THE MATERIAL OF THE TEXTBOOK «ROAD TO RUSSIA»)
*Akasheva K.N., Gorovaya I.G.* ..... 162

ORGANIZATION OF TRAINING SESSIONS ON HARMONIZATION
OF RELATIONS BETWEEN PRESCHOOL CHILDREN AND THEIR PARENTS
*Bakaeva O.N., Gamova S.N., Faustova I.V.* ..... 167

COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PRONOUNS IN THE RUSSIAN LANGUAGE
AND HINDI WHILE TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE
*Baltayeva V.T., Evdokimova A.G.* ..... 172

ATTITUDE OF OLD SCHOOLS TO TEACHERS AS A INDEX OF QUALITY OF SOCIAL AND PEDAGOGICAL ACTIVITY
*Bezenkova T.A., Slepukhina G.V., Stepanova O.P.* ..... *177*

ON THE CONTENT OF FUNDAMENTAL CHEMICAL TRAINING OF BACHELORS OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL AREAS IN MODERN CONDITIONS
*Vostrikova N.M., Bezrukova N.P.* ..... *183*

RELATIONSHIP BETWEEN FOOTBALL TACTICS DEVELOPMENT AND CHANGE OF COMPETITION RULES
*Drandrov G.L., Asanin V.Yu., Kudyashev N.Kh.* ..... *188*

APPOINTMENT AND CHARACTERISTICS OF A SINGLE INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF HIGH SCHOOL
*Kraynova E.A., Sadova K.V., Tarakanov A.V.* ..... *193*

FORMATION OF THE COLLECTIVE OF FIRST CLASSES IN EDUCATIONAL ACTIVITY
*Lazarev M.A., Moskvina A.S., Kurbatova N.V.* ..... *199*

THE PROSPECT OF THE IMPLEMENTATION OF COWORKING IN DISTANCE EDUCATION ON THE EXAMPLE OF SYSTEM OF ADDITIONAL EDUCATION OF CHILDREN
*Mayasova T.V., Lekomtseva A.A., Fedyanina S.P.* ..... *204*

EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE PROGRAM OF PATRIOTIC EDUCATION OF PUPILS OF THE CADET CLASS
*Sidorenko O.M., Maslak A.A.* ..... *209*

ORGANIZATION OF EDUCATION AND UPBRINGING IN BOARDING SCHOOL FOR VISUALLY IMPAIRED AND BLIND CHILDREN
*Khamadeeva R.Kh., Bolshakova N.L., Ispulova S.N.* ..... *214*

FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF FUTURE ENGINEERS BASED ON THE THEORY OF GRADUAL FORMATION OF MENTAL ACTIONS
*Khokhlova M.V., Soboleva G.N.* ..... *219*

FORMING THE TECHNOLOGICAL COMPETENCE OF ADOLESCENTS AS THE ACTUAL PROBLEM OF MODERNITY
*Tsaplin A.O.* ..... *224*

THE FORMATION OF PERFORMANCE SKILLS OF THE FUTURE MUSIC TEACHERS
*Tsarkova E.G.* ..... *229*

УДК 004.054

# ПРАКТИКИ ТЕСТИРОВАНИЯ В СФЕРЕ ЛОКАЛИЗАЦИИ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ

**Ананченко И.В., Распопа Е.А., Хаджиев И.В.**

*ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский национальный исследовательский университет информационных технологий, механики и оптики», Санкт-Петербург, e-mail: anantchenko@yandex.ru, elizaveta.raspopa.@yandex.ru, ilya.khadzhiev@gmail.com*

Процесс тестирования программного обеспечения является важной частью жизненного цикла программного обеспечения (ПО), так как исправление каждой ошибки, найденной после выпуска ПО, стоит значительно дороже исправления ПО на этапе разработки. Важный этап распространения продукта – выход на новые рынки, регионы и страны, так как необходимо поддержать функционал и качество продукта на таком же высоком уровне в другом регионе с учетом языковой и других специфик данного региона. Статья является обзором процесса тестирования адаптации программного обеспечения к различным региональным культурам. Стандарты в области локализации регламентируют порядок перевода пользовательского интерфейса, технической документации и прочих сопутствующих файлов с одного языка на другой, а также аспекты, связанные с интероперабельностью продукта, настройкой под стандарты целевой страны, состоянием регионального рынка информационных технологий, учетом национального менталитета и существующих правовых норм, например GDPR (General Data Protection Regulation). Отмечены основные сложности тестирования локализованных приложений, возможности применения средств автоматизации в целях повышения эффективности тестирования, так как на локализационное тестирование уходит значительная часть временных ресурсов. Отмечены основные ошибки, возникающие при адаптации программного обеспечения к другим языкам; рекомендации применения локализационного тестирования в рамках жизненного цикла программного продукта.

**Ключевые слова: локализация программного обеспечения, языковая локализация, стандартизация, адаптационное тестирование, автоматизация тестирования, инструменты локализации**

# TESTING PRACTICES IN THE FIELD OF SOFTWARE LOCALIZATION

**Ananchenko I.V., Raspopa E.A., Khadzhiev I.V.**

*Federal state Autonomous educational institution of higher education «Saint-Petersburg National Research University of information technologies, mechanics and optics», Saint-Petersburg, e-mail: anantchenko@yandex.ru, elizaveta.raspopa.@yandex.ru, ilya.khadzhiev@gmail.com*

The software testing process is an important part of the software life cycle, as fixing every bug found after the SOFTWARE release is much more expensive than fixing the SOFTWARE at the development stage. An important stage of product distribution is the entry into new markets, regions and countries, as it is necessary to maintain the functionality and quality of the product at the same high level in another region, taking into account the language and other specifics of the region. The article is an overview of the testing process of software adaptation to different regional cultures. The localization standards regulate the procedure for translating the user interface, technical documentation and other related files from one language to another, as well as aspects related to the interoperability of the product, setting up the standards of the target country, the state of the regional information technology market, taking into account the national mentality and existing legal norms, for example, GDPR (General Data Protection Regulation). The main difficulties of testing a localized application, the possibility of using automation tools to improve the efficiency of testing, as localization testing takes a significant part of the time resources. The main errors that occur when the software is adapted to other languages are noted; recommendations for the use of localization testing within the software product life cycle are noted.

**Keywords: software localization, language localization, standardization, adaptive testing, test automation, localization tools**

Становление современного информационного общества оказывает существенное влияние на темпы глобализации мировой экономики. В сфере информационных технологий выход на глобальный рынок является весомым показателем востребованности продукта. Интернационализация и локализация являются средствами адаптации программного продукта к различным языкам, региональным различиям и техническим требованиям целевого региона. Интернационализация – процесс создания приложения, которое может быть адаптировано к различным языкам и регионам без технических изменений, в свою очередь, локализация – процесс адаптации интернационализированного программного обеспечения для определенного региона или языка путем добавления компонентов, специфичных для региона, и перевода текста. Локализация, которая потенциально может выполняться неоднократно для различных регионов, использует инфраструктуру, построенную в результате интернационализации, как правило, выполненной единожды в качестве неотъемлемой части долгосрочной стратегии разработки продукта [1]. С развитием процессов информатизации общества ожидае-

мо возрастает потребность в унификации практик адаптации программных продуктов к различным условиям эксплуатации, причем процесс локализации не ограничивается переводом на другой язык, затрагивая аспекты, обусловленные культурными различиями: принятые форматы дат, адресов, единиц измерения, приемлемые для данной среды изображения, совместимость с популярными продуктами и локализованными операционными системами, представленными на локальном рынке. Немаловажным фактором для выхода на новый рынок является соответствие продукта региональному законодательству: законам, регламентирующим хранение персональных данных, антимонопольному законодательству, налоговой системе. Строгое следование стандартам интернационализации и локализации является обязательным условием проектирования. Документы, регламентирующие процессы локализации программных продуктов, касаются различных аспектов процесса адаптации приложения: требования к услугам перевода, отраслевые стандарты, рекомендации ведущих поставщиков средств разработки. GALA (Globalization and Localization Association) – некоммерческая ассоциация, занимающаяся разработкой адаптационных стандартов и популяризацией проблем локализации в сфере бизнеса, образования и государственного управления. Членами ассоциации являются организации, компании и учебные заведения, ориентированные на глобальный рынок, разрабатывающие технологические решения и программное обеспечение для различных сфер [2]. Стандарт ISO 17100: 2015 содержит требования к основным процессам, ресурсам и другим аспектам, необходимым для предоставления качественных услуг по переводу, которые соответствуют применимым спецификациям [3]. Документ в первую очередь ориентирован на поставщиков и потребителей услуг перевода, упрощая взаимодействие между сторонами за счет объединения терминологии и создания типовой структуры услуг.

### *Интернационализация и локализация программного продукта*

Формирование требований к локализуемому продукту ориентировано в первую очередь на маркетинговую стратегию для каждого из целевых регионов. В качестве примера рассмотрим веб-приложение, ориентированное на российский и китайский рынки. Процесс интернационализации целесообразно начинать с проектирования на английском языке, разработанный интерфейс будет являться базой для последующей локализации, а также является универсальным для выхода на рынки множества регионов. Таким образом, для исходного приложения выбирается, к примеру, англоязычная локаль en_GB, для китайского рынка необходимо поддерживать две системные локали zh_CN – КНР и упрощенные иероглифы, zh_TW – Гонконг, Тайвань и традиционные иероглифы, для российского – локаль ru_RU. Основные требования, предъявляемые к продукту в процессе интернационализации:

1. Следование маркетинговой стратегии. Предоставляемые услуги могут отличаться в зависимости от целевого региона, ввиду региональных особенностей часть функциональности может быть реализована альтернативным способом. В таком случае симметричная структура приложения не отвечает бизнес-требованиям, следовательно, на этапе проектирования оценивается необходимость переработки дизайна и архитектуры локализованной версии продукта,

2. CMS. Построение приложения на базе мультиязычной системы управления контентом позволит предоставить контент-менеджерам интерфейс администрирования на необходимом языке.

3. Контент. Привлечение профессиональных лингвистов позволяет проверить точность и логику перевода пользовательского интерфейса и документации [4], а также соответствия контента требованиям SEO целевого региона.

4. Доступность ресурсов. Необходимо учитывать, что некоторые популярные сервисы, такие как Facebook, Twitter, Youtube, Foursquare, сервисы Google, в Китае недоступны или работают с ограничениями, LinkedIn недоступен в России.

5. Интеграция с местными сервисами. Для китайского рынка необходимо предусмотреть замену популярных сервисов местными: авторизация с помощью аккаунта QQ – сервиса мгновенного обмена сообщениями (замена Facebook, Gmail), Sina Weibo – сервис микроблога (замена Twitter) и Renren – социальная сеть для онлайн-маркетинга. Следует избегать интеграции с международными платежными агрегаторами, для потребителей более удобны местные системы Alipay, Tenpay, PayEase. Для российского рынка характерна интеграция с VK, сервисами Яндекс и другими.

6. Авторские права. Для каждого из целевых регионов необходим заверенный перевод правоустанавливающих документов на контент.

7. Интерфейс. В процессе проектирования интерфейса необходимо учитывать особенности культуры целевого региона, учет

опыта интернет-пользователей и качество контента, в то же время локализация продукта не должна мешать узнаваемости бренда.

8. Соответствие правовым нормам. К примеру, в мае 2018 г. все страны Европейского союза (ЕС) перейдут на новые правила обработки персональных данных, установленные Общим регламентом по защите данных (General Data Protection Regulation – GDPR) [5]. Данные правила действуют по экстерриториальному принципу, то есть компании необязательно быть зарегистрированной на территории ЕС. Если компания предоставляет услуги на территории ЕС, то необходимо реализовать логику работы с персональными данными по правилам GDPR. Первая и главная особенность GDPR – это экстерриториальный принцип. Ранее территориальная применимость директивы была неоднозначной и касалась процесса обработки данных в контексте компании. GDPR будет применяться к обработке персональных данных контроллерами и процессорами в ЕС, независимо от того, происходит ли обработка в ЕС или нет. GDPR будет также применяться к обработке персональных данных субъектов данных в ЕС контролером или обработчиком, не установленным в ЕС, где деятельность связана: с предложением товаров или услуг гражданам ЕС (независимо от того, требуется ли оплата) и с мониторингом поведения, которое происходит в ЕС. Предприятия, не входящие в ЕС, обрабатывающие данные граждан ЕС, также должны будут назначить представителя в ЕС. Важно отметить, что правила GDPR применяются как к контроллерам – определяющим цели и средства обработки персональных данных, так и к процессорам – обрабатывающим личные данные от имени контроллера, это означает, что облачные сервисы не будут освобождены от применения GDPR [6].

При корректном проведении интернационализации наиболее распространенными дефектами локализации будут дефекты пользовательского интерфейса и ошибки перевода. Тем не менее могут проявляться и функциональные дефекты, связанные с использованием локальных календарей, различным форматированием данных, единиц измерения, времени в зависимости от региона, также причиной могут служить дефекты кодировки – попытка ввода неподдерживаемых символов в поле поиска или создания логина и пароля, в лучшем случае приведет к ошибке сервера под номером 505, в худшем может привести к прекращению работы сервера. После завершения разработки и функционального тестирования начинается процесс локализации: продукт передается переводчикам для перевода пользовательского интерфейса, документации и сопутствующих файлов, работа может вестись для нескольких языков одновременно. На следующем этапе проводятся исследования, показывающие необходимость изменения продукта в связи с культурными особенностями целевой страны: уточнение формулировок, изменение цветовой схемы, локализация маркетинговых решений.

*Адаптационное тестирование*

Десять лет назад тестирование локализации приравнивалось к лингвистическому тестированию. Было широко распространено мнение, что адаптационное тестирование должно проводиться носителями целевого языка или специалистами с достаточным языковым уровнем. На сегодняшний день ситуация изменилась, в команду тестировщиков включаются специалисты – носители языка для обеспечения качества локализации проекта. Данные специалисты ответственны непосредственно за перевод интерфейса и документации, остальные участники команды занимаются тестированием функциональности, нагрузочным тестированием и другими видами тестирования. Таким образом производится «сортировка» найденных дефектов: функциональные ошибки передаются разработчикам, ошибки перевода отправляются группе локализации. Процесс адаптационного тестирования должен начинаться не ранее, чем функциональность продукта достигнет достаточного уровня стабильности, в противном случае специалисты по локализации могут столкнуться с дефектами ПО одновременно с их обнаружением группой функционального тестирования, в результате произойдет дублирование задач в баг-трекинг системе, что создаст дополнительную неоправданную нагрузку на тест-менеджмент. Инженер адаптационного тестирования специализируется на проверке точности перевода интерфейса на целевой язык и выполняет тестирование UX, чтобы убедиться, что пользователи из любого из поддерживаемых регионов могут запускать приложение и выполнять основные функциональные задачи [7].

Функциональное тестирование продукта включает в себя проверку следующих сценариев:

– Поддержка целевых локалей всеми модулями приложения.

– Корректная работа приложения в окружении, характерном для целевого региона (аппаратное обеспечение, операционные системы и другое).

– Отображение подсказок и системных уведомлений.

– Ошибки интеграции со сторонними сервисами.

– Ошибки локализации со стороны интерфейса администрирования.

– Путь к системным папкам – часто ссылки на системные папки могут повреждаться во время перевода, и, таким образом, они больше не адресуют к нужным ресурсам. Примером проявления данного дефекта служат неотображаемые «сломанные» изображения.

– Прочие дефекты пользовательского интерфейса. Неподдерживаемые шрифты, неправильные размеры кнопок и выпадающих списков, перенос слов, перевод текста внутри изображений.

Одной из наиболее эффективных практик функционального тестирования локализованного приложения является *тестирование псевдолокализации*. Данный метод предназначен для проверки локализуемости строк до самой локализации, обычно выполняется в рамках этапа тестирования интернационализации. При псевдолокализации стандартные символы заменяются потенциально проблемными [8]. Псевдолокализованное программное обеспечение может быть протестировано для проверки его общей функциональности, около 70–80 % ошибок обнаруживаются на ранних этапах тестирования с использованием данного метода. Необходимо отметить, что задачи тестирования функциональности и бизнес-логики имеют высший приоритет. Очевидно, что нахождение функциональных ошибок, таких как дефектный алгоритм сортировки или поиск, оказывающих существенное влияние на процесс работы конечных пользователей оказываются важнее проблем, возникших в ходе локализации и интернационализации. Только после того, как все функциональные дефекты будут обнаружены и исправлены, при наличии временных ресурсов и отсутствии других приоритетов можно сфокусироваться на совершенствовании UI/UX – одной из главных проблем локализации. Несмотря на относительно низкий приоритет подобных дефектов, ошибки негативно сказываются на впечатлении о продукте. Проведение бета-тестирования приложения в различных регионах является распространенной практикой. Например в Китае приложение должно быть протестировано представителями различных провинций, поскольку культурные и языковые различия значительно влияют на восприятие продукта пользователями.

*Автоматизация адаптационного тестирования*

Для сокращения времени, необходимого для добавления новой локализации и выполнения регрессионного тестирования долгосрочных проектов, тестирование локализации может быть автоматизировано. Использование автоматизации в процессе тестирования наиболее оправдано в следующих случаях:

– Стабильность функциональности. Недостатки применения автоматизации в основном связаны с необходимостью поддержки тестовых скриптов. Если специфика проекта предполагает частую смену требований с последующим изменением существующей функциональности, обновление тестов и отладка тестового фреймворка может занимать значительную часть времени. В таком случае экономически выгодно использовать ручное тестирование.

– Длинный жизненный цикл продукта позволяет разработать и отладить тестовый фреймворк и оценить частоту и эффективность его использования. Разработка тестовых скриптов для проекта с непродолжительным жизненным циклом нецелесообразна, так как отнимается время на проведение тестов новой функциональности.

– Автоматизированные сценарии переносимы и могут быть повторно использованы на другой платформе: тестовый фреймворк должен поддерживать кроссбраузерное и кроссплатформенное тестирование, что особенно критично для приложения, построенного с ориентацией на интернационализацию. Если созданные скрипты подходят только для одного языка и одной конкретной платформы, тестовый фреймворк не будет иметь большой пользы для общей стратегии запуска.

Автоматизированное тестирование позволяет решить следующие задачи: 1) сравнение различных версий продукта в рамках регрессионного тестирования; 2) сравнение локализованных страниц приложения с эталоном на исходном языке. В процессе адаптационного тестирования следует избегать использования инструментов записи и воспроизведения сценариев в связи с особенностями построения локализованного приложения: положение элементов отличается от исходного, поскольку большинство языковых строк будет короче или длиннее строк исходного языка. Таким образом, тестовые скрипты, созданные с помощью инструментов записи, требуют постоянной поддержки и могут быть использованы только для тестирования исходного проекта. Рассмотрим основные подходы создания

тестового фреймворка для локализованного приложения:

– Стратегии поиска элементов. Некоторые сложности вызывает определение локаторов элемента для тестирования, к примеру, средствами Selenium. Распространенный подход нахождения элемента по тексту оказывается неэффективным при использовании скриптов для локализованного приложения. Для успешного проведения тестирования необходимо выработать единую стратегию определения элемента на странице, что также сказывается на процессе написания тестовых сценариев.

– Поиск элемента по порядковому номеру. Локализации элемента по данному принципу в общем случае следует избегать, так как крайне вероятно изменение структуры страницы, однако для локализованного приложения положение элемента в DOM не должно меняться при переводе приложения на другой язык. Вместо поиска элемента по тексту ссылки, локатор должен учитывать положение элемента в родительском контейнере. Разумеется, данный подход не является идеальным решением и может быть применен для относительно стабильных участков функциональности, например, в навигационном меню.

– Поиск элемента по id. Наиболее простым и надежным способом нахождения элемента является поиск по атрибуту id, однако далеко не все элементы страницы могут содержать данный атрибут.

– Создание файлов ресурсов. После создания тестовых скриптов для приложения на исходном языке, производится замена литералов на константы, хранящиеся в файле ресурсов. Затем создаются соответствующие файлы ресурсов для целевых языков, назначая локализованные термины константам, созданным на предыдущих шагах. Для создания файлов ресурсов обязательно использование систем машинного перевода, в противном случае сверка данных займет продолжительное время.

– Применение инструментов автоматизации тестирования верстки сравнением скриншотов.

## Заключение

Работа над локализацией приложения не ограничивается переводом интерфейса и включает в себя подробный анализ исходного продукта, состояния рынка информационных технологий и опыта пользователей целевого региона. Зачастую локализация подразумевает в том числе переработку интерфейса приложения и добавление новой функциональности. Процесс тестирования должен быть организован таким образом, чтобы разделить работу по обнаружению функциональных дефектов и ошибок локализации, что позволяет наиболее эффективно приоритезировать работу над обнаруженными недостатками, применение различных средств автоматизации позволяет оптимизировать процесс регрессионного тестирования.

## Список литературы

1. Канер С. Тестирование программного обеспечения / С. Канер, Д. Фолк, Е. Нгуен. – Изд-во «ДиаСофт», 2001. – 544 с.

2. GALA Global. Globalization & Localization Association [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gala-global.org/ (дата обращения: 15.04.2018).

3. ISO 17100:2015 – Translation services – Requirements for translation services [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.iso.org/standard/59149.html (дата обращения: 15.04.2018).

4. Сухарева Е.Е. Локализация сайта как форма межкультурной коммуникации / Е.Е. Сухарева, О.В. Шурлина // Вестник ВГУ. – 2013. – № 1. – С. 166–169.

5. GDPR Portal [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.eugdpr.org/ (дата обращения: 15.04.2018).

6. EU GDPR Knowledge base [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://advisera.com/eugdpracademy/knowledgebase/eu-gdpr-controller-vs-processor-what-are-the-differences/ / (дата обращения: 15.04.2018).

7. Localization Testing Tools – Engineering & QA [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.globalme.net/blog/localization-testing-tools (дата обращения: 18.06.2018).

8. Pseudo localization: Localizability testing for software and websites [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.sajan.com/pseudo-localization-101-localizability-testing-for-software-and-websites/ (дата обращения: 18.06.2018).

УДК 621.735.32

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ФАКТОРЫ ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ДИАМЕТРАЛЬНЫХ РАЗМЕРОВ ШТУЧНЫХ (МЕРНЫХ) ЗАГОТОВОК, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ХОЛОДНОЙ ОСАДКОЙ

**Антонюк Ф.И., Кузнецов И.В., Сорокин П.С., Ермачков Р.О.**

*Калужский филиал ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана (национальный исследовательский университет)», Калуга, e-mail: antonyuk.f.i.@yandex.ru*

Исследование возможности повышения точности диаметральных размеров поковок, изготавливаемых холодной осадкой цилиндрических заготовок из меди М1 на гидравлических прессах, выполнено на основе многофакторных экспериментов. Их результаты были подвергнуты дисперсионному и регрессионному анализу. Цель выполненных экспериментов – определить влияние относительной высоты и неразрывно связанной с ней степени деформации исходных заготовок на точность диаметральных размеров изготавливаемых поковок для применения их в качестве исходных (мерных) заготовок при выполнении различных технологических операций холодной объемной штамповки на прессах. Точность диаметральных размеров осаживаемых поковок является главным показателем их качества, диктуемым специфическими особенностями последующей формоизменяющей операции. В результате выполненных экспериментов определена возможность повышения точности диаметральных размеров осаживаемых поковок с относительной высотой (h/d), близкой к 1,0. Относительную высоту исходных заготовок варьировали на двух уровнях с отношением $h_0/d_0$ равным 2,0 и 1,1, а степень их относительной деформации при этом соответствовала 0,41 и 0,124 соответственно. Наряду с относительной высотой исходных заготовок исследовано также влияние на диаметральные размеры осаженных поковок таких факторов, как случайные погрешности диаметральных и высотных размеров исходных цилиндрических заготовок и погрешностей, возникающих вследствие изменения условий контактного трения на контактных поверхностях. В результате выполненных исследований выявлено, что при увеличении относительной высоты исходных заготовок относительная погрешность диаметрального размера осаженных поковок существенно уменьшается.

**Ключевые слова: осадка, точность осадки, степень деформации, многофакторный эксперимент, дисперсионный и регрессионный анализ**

# TECHNOLOGICAL FACTORS OF INCREASING ACCURACY OF DIAMETRICAL SIZE OF SINGLE-PIECE WORKPIECES PRODUCED BY COLD UPSETTING

**Antonyuk F.I., Kuznetsov I.V., Sorokin P.S., Ermachkov R.O.**

*Moscow State Technical University n.a. Bauman (National Research University), Kaluga branch, Kaluga, e-mail: antonyuk.f.i.@yandex.ru*

Research of the possibility of increasing the accuracy of diametrical size of forgings produced by the cold upsetting of cylindrical workpieces made of copper M1 on hydraulic presses is based on multifactor experiments. Their results were subjected to dispersion and regression analysis. The purpose of the performed experiments is to determine the influence of the relative height and inextricably related the upset ratio of the workpieces on the accuracy of the diametrical sizes of the forged pieces to be used as workpieces in performing various technological operations of cold forgings on presses. The accuracy of the diametrical sizes of the upsetting forgings is the main indicator of their quality, dictated by the specific features of the subsequent shaping operation. As a result of the performed experiments, the possibility of increasing the accuracy of the diametrical sizes of the upsetting forgings with a relative height (h/d) close to 1.0 has been determined. The relative height of the workpieces was varied at two levels with a ratio of $h_0/d_0$ equal to 2.0 and 1.1, and of their relative upset ratio at that corresponded to 0.41 and 0.124, respectively. Along with the relative height of the workpieces, the influence of such factors as the random inaccuracy of the diametrical and height sizes of the cylindrical workpieces, as well as the inaccuracy resulting from changes in the contact friction conditions on the contact surfaces, has been investigated on the diametrical size of the upsetting forgings. As a result of the performed researching it was revealed that with an increase in the relative height of the workpieces, the relative inaccuracy in the diametrical size of the upsetting forgings is substantially reduced.

**Keywords: upsetting, accuracy of upsetting, upset ratio, multifactorial experiment, dispersion and regression analysis**

При выполнении различных операций холодной объемной штамповки (ХОШ) на прессах точность размеров поковок зависит от их расположения по отношению к разъему штампов. В частности, диаметральным размерам, оформляемым цельными матрицами, обеспечивается точность присущая сопрягаемым размерам (8…9 квалитеты), а высотным – оформляемым взаимным расположением подвижной и неподвижной рабочими деталями штампа – на 4…5 квалитетов грубее. Повышение точности последних в процессе штамповки с целью минимизации либо исключения необходимости последующей механической обработки существенно повышает экономическую эффективность ХОШ.

Способы обеспечения высокой точности высотных размеров в значительной мере зависят от жесткости штампуемых поковок, которая, наряду с другими факторами, определяется прежде всего тем, выполняется ли операция с условием сохранения всего объема заготовки в рабочей полости закрытого штампа или технологическая операция свободна от указанного условия. Например, при выполнении различных операций выдавливания, когда жесткость поковок сравнительно невелика, применение специальных кривошипных прессов с высокой жесткостью весьма эффективно для повышения точности высотных размеров.

При осуществлении штамповки в закрытых штампах, когда жесткость поковок соизмерима с жесткостью системы пресс-штамп, применение кривошипных прессов с высокой жесткостью не сказывается на точности высотных размеров и повышает вероятность заклинивания пресса [1]. В таких случаях целесообразно применение гидравлических прессов.

При анализе точностных показателей операций ХОШ учитывают наличие у деформируемой поковки компенсационного и контролируемого размеров. Например, высота стенки выдавливаемого стакана рассматривается как компенсационный размер, изменение которого под влиянием исходных случайных погрешностей обеспечивает более высокую точность контролируемого размера – толщины дна стакана.

При прямом выдавливании стержня с головкой компенсационный размер – длина стержня, а высота утолщения (головки) – контролируемый размер, точность которого обеспечивается возможностью изменения длины стержня.

Задачи повышения точности высотных размеров поковок, изготавливаемых при условии сохранения объема исходной заготовки в закрытом штампе либо между плитами – при осадке, весьма различаются. В первом случае компенсационные размеры – радиусы незаполненных угловых элементов закрытого штампа и, следовательно, на поковке относительно малы и их компенсационные возможности весьма ограничены с точки зрения влияния на повышение точности высоты поковки. Кроме того, величина угловых элементов – радиусов на кромках поковки – определяет характер силового режима деформирования таким образом, что их уменьшение приводит к резкому повышению сопротивления поковки деформированию.

Операция осадки плоскими плитами также выполняется с сохранением объема заготовки, однако от штамповки в закрытых штампах ее отличают значительно большие компенсационные возможности. Если ее применяют для повышения точности высоты поковок, которые осаживают с относительно малой относительной степенью осадки (менее 10…15 %), тогда ее называют калибровкой и высотные размеры поковок в этом случае являются контролируемыми, а диаметральные – компенсационными. Относительно малое изменение высоты поковок и относительно большие компенсационные возможности изменения диаметра позволяют для повышения точности высотных размеров применять прессы различных типов с относительно высокой жесткостью – как чеканочные кривошипно-коленные (для стальных поковок), так и винтовые – для поковок из цветных сплавов.

Однако операцию осадки на плоских плитах выполняют также для изготовления штучных (мерных) заготовок для последующих формоизменяющих операций ХОШ на прессах [2]. В этом случае осадка принципиально отличается от калибровки тем, что контролируемым размером становится диаметр поковки. Диапазон его рассеяния под влиянием случайных погрешностей определяет точность центрирования (установки) штучной заготовки в матрице формоизменяющего штампа. Естественно, что размер ее высоты приобретает функцию компенсационного размера, способствующего повышению точности диаметрального.

Анализ показывает, что наиболее часто применяют мерные заготовки с относительной высотой ($h/d$), близкой к единице [3]. При изготовлении подобных мерных заготовок эффективное использование их материала обеспечивается малоотходной разрезкой калиброванных прутков заведомо меньшего диаметра на ленточнопильных станках с шириной реза 0,65…0,9 мм с последующей осадкой на плоских плитах.

Следует отметить, что, к сожалению, в специальной справочной литературе подобной технологии практически не уделено должного внимания по сравнению с осадкой с малой относительной степенью деформации (калибровкой). В частности, отсутствуют научно обоснованные рекомендации по выбору технологических параметров, обеспечивающих точностные показатели диаметральных размеров, изготавливаемых осадкой заготовок.

Как уже отмечено ранее, подавляющее количество работ по точности осадки посвящено исследованию точности высотных размеров осаживаемых цилиндрических поковок с малой относительной степенью осадки (калибровке), значительно меньшее

число работ посвящено собственно осадке в холодном состоянии с относительно большой относительной степенью деформации по высоте (до 50 %).

Так, в работе [4] на основе выполненных однофакторных и многофакторных экспериментов установлено, что деформационное упрочнение материала поковок при холодной осадке приводит к тому, что погрешность высоты поковки неоднозначно зависит от равных по величине удельных погрешностей объема, вызванных отклонениями размеров высоты и диаметра исходных заготовок. В частности, при малых относительных степенях деформации влияние погрешности высоты заготовки почти в 3 раза сильнее влияния погрешности ее диаметра, а при больших – их влияние на погрешность высоты поковки практически одинаково. Выполненные авторами эксперименты показали, что при осадке поковок на гидравлическом прессе погрешность их высоты значительно больше по сравнению с кривошипным прессом. Авторами сделан вывод, что доминирующее влияние на увеличение погрешности высоты осаживаемых поковок оказывает их жесткость ($d/h$), с увеличением которой погрешность высоты увеличивается.

Исходя из результатов экспериментов, можно сделать заключение, что повышение точности диаметральных размеров может быть достигнуто применением для осадки гидравлического пресса и повышением относительных размеров ($d/h$) исходных заготовок.

Следует отметить работу [5], в которой на основе выполненных экспериментов определено, что с уменьшением жесткости кривошипного, а также винтового прессов погрешность высоты поковок возрастает, что говорит о возможности уменьшения при этом погрешности диаметральных размеров.

В работе [6] на основе общих положений теории чувствительности систем выполнен анализ точности размеров цилиндрических поковок при их изготовлении холодной осадкой на плоских плитах. Для оценки точности использовали коэффициенты преобразования исходных случайных погрешностей в погрешность высотных размеров поковок при их осадке на гидравлическом и кривошипном прессах. В результате анализа определено, что при осадке на гидравлическом прессе поковок с отношением $d/h$ от 1 до 3 более 80 % величины исходных случайных погрешностей объема и механических свойств материала исходных заготовок преобразуется в погрешность высоты поковок, а при осадке на кривошипном – лишь менее 20 %. Остальная часть исходных погрешностей преобразуется в погрешность диаметра осаженных поковок. Поэтому при осадке на гидравлическом прессе диаметральным размерам поковок обеспечивается более высокая точность, что отвечает основному требованию, предъявляемому к штучным исходным заготовкам. В работе также предложены зависимости, позволяющие определить величину коэффициентов преобразования исходных относительных случайных погрешностей в погрешность диаметра цилиндрических заготовок осаживаемых на прессах различного типа.

В работе [7] авторы применили статистические методы анализа к результатам выполненных многофакторных экспериментов. С помощью регрессионного и дисперсионного анализов выявили степень и характер влияния на наибольший диаметр боковой поверхности (максимальный диаметр «бочки») таких факторов, как относительная высота исходных заготовок, степень их относительной деформации, а также коэффициент контактного трения. В результате определено, что влияние фактора трения и относительной степени деформации исходных заготовок на изменение (разброс) наибольшего диаметра штучных осаженных поковок зависит от их относительных размеров ($d/h$). В частности, выявлено, что если при осадке относительно низких поковок ($d/h = 3{,}0$) доминирующее влияние на величину диаметра «бочки» оказывает коэффициент контактного трения, то при осадке относительно высоких поковок ($d/h = 1{,}5$) влияние коэффициента контактного трения и относительной степени деформации исходных заготовок на величину указанного диаметра сопоставимо.

Также следует выделить работу [8], в которой исследовано влияние условий контактного трения на бочкообразность заготовок при осадке на гидравлическом прессе и определен возможный диапазон изменения указанного диаметра.

В заключение следует отметить, что в подавляющем количестве выполненных работ авторы исследуют, как правило, точность высоты осаживаемых поковок. При исследовании точности диаметральных размеров авторы, чаще всего, ограничивают влияние на них либо относительной высоты исходных заготовок, либо условий контактного трения, без учета случайных погрешностей размеров исходных заготовок. Вместе с тем известно, что точность размеров осаженных поковок не может быть описана без учета совместного взаимосвязанно-

го влияния как случайных погрешностей, вносимых исходными заготовками, так и параметров (условий) деформирования – относительной высоты и степени их относительной деформации.

Цель исследования: на основе выполненных многофакторных экспериментов определить возможность повышения точности диаметральных размеров осаживаемых на гидравлическом прессе поковок увеличением их жесткости путем увеличения относительной высоты исходных заготовок с учетом влияния случайных погрешностей их высоты и диаметра, а также возможного изменения условий контактного трения.

## Материалы и методы исследования

При планировании экспериментов учитывали результаты ранее выполненных экспериментов по исследованию точности и показателей формоизменения осаживаемых в холодном состоянии поковок [4]. Результаты таких исследований показали, что параметры формоизменения, а также точность поковок существенно зависят от относительной высоты исходных заготовок.

В экспериментальной части исследований решали задачу изготовления поковки с размерами Ø23×20,5 мм ($d/h$ = 0,9) после осадки. Для изготовления поковки с указанными размерами из отожженной меди М1 применяли две исходные заготовки равного с поковкой объема, но различной относительной высоты и, следовательно, степени деформации.

Относительно высокую исходную заготовку с номинальными размерами Ø17×35 мм ($h_0/d_0$ = 2,0) осаживали с относительной степенью деформации $\varepsilon_H$ = 0,41, при такой относительной степени осадки напряжение текучести меди М1 составляет $\sigma_S$ = 315 МПа, сила осадки ≈104 кН. Относительно низкую исходную заготовку с номинальными размерами Ø21,4×23,4 мм ($h_0/d_0$ = 1,09) осаживали с относительной степенью деформации $\varepsilon_H$ = 0,124, при этом $\sigma_S$ = 150 МПа, сила осадки ≈50 кН.

Осадку выполняли на гидравлическом прессе модели П481А с номинальной силой $P$ = 400 кН. В качестве технологической смазки использовали животный жир. При применении смазки принимали μ = 0,1 и без смазки – μ = 0,3.

После настройки требуемой номинальной высоты поковки ($h_H$ = 20,5 мм) осаживали заготовки с одинаковой величиной удельных объемных погрешностей диаметра и высоты исходных заготовок $(\delta V_h = \delta V_d = \pm 5\%)$. Такой величине удельных объемных погрешностей соответствовали относительные погрешности высотного (±5 %) и диаметрального (±2,5 %) размеров исходных заготовок.

## Результаты исследования и их обсуждение

Результаты эксперимента представлены в таблице, где исследуемые факторы обозначены следующим образом: $x_1$ – относительная погрешность диаметра исходной заготовки ($\delta d_0$, %); $x_2$ – относительная погрешность высоты исходной заготовки ($\delta h_0$, %); $x_3$ – коэффициент контактного трения (μ); $x_4$ – относительная высота исходной заготовки ($h_0/d_0$). Как уже отмечено ранее, относительную погрешность диаметрального размера исходных заготовок варьировали на двух уровнях (–2,5 % и +2,5 %) и соответственно высотного – (–5 % и +5 %). Относительную высоту исходных заготовок устанавливали также на двух уровнях: $h_0/d_0$ = 2,0 (+1) и $h_0/d_0$ = 1,09 (–1). Условия контактного трения обозначали 0,3 и 0,1: со смазкой (–1), без смазки (+1). Все опыты в эксперименте дублировали равное количество раз ($n$ = 3).

После обработки результатов многофакторных экспериментов по известной методике [9] были получены уравнения регрессионного анализа, позволяющие выявить силу и характер влияния исследуемых факторов на отклик. В качестве отклика служили относительные погрешности высотного ($\delta h$, %) и диаметрального ($\delta d$, %) размеров поковок после их осадки. Наряду с этим, для более объективной оценки факторов и их взаимодействий результаты эксперимента подвергли дисперсионному анализу для выявления вклада факторов в дисперсии откликов.

План ПФЭ $2^4$ и его результаты

| № | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $\overline{\delta d}$, % | $\overline{\delta h}$,% | № | $x_1$ | $x_2$ | $x_3$ | $x_4$ | $\overline{\delta d}$,% | $\overline{\delta h}$,% |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | + | + | + | + | 1,25 | 9,06 | 9 | + | + | + | – | 2,09 | 6,48 |
| 2 | – | + | + | + | 0,43 | 1,09 | 10 | – | + | + | – | –2,28 | 5,00 |
| 3 | + | – | + | + | 2,01 | –1,66 | 11 | + | – | + | – | 2,07 | –3,00 |
| 4 | – | – | + | + | 0,13 | –7,66 | 12 | – | – | + | – | –2,23 | –4,95 |
| 5 | + | + | – | + | 0,53 | 8,62 | 13 | + | + | – | – | 1,82 | 6,50 |
| 6 | – | + | – | + | –0,36 | –0,60 | 14 | – | + | – | – | –2,58 | 4,48 |
| 7 | + | – | – | + | 0,42 | –1,79 | 15 | + | – | – | – | 1,79 | –3,51 |
| 8 | – | – | – | + | –1,25 | –8,33 | 16 | – | – | – | – | –2,42 | –5,73 |

На первом этапе анализа результатов ПФЭ $2^3$ получили уравнения регрессионного анализа, отражающие связь выходных параметров системы в виде относительных случайных погрешностей диаметрального ($\delta d$, %) и высотного ($\delta h$, %) размеров поковок, после их осадки, с различной относительной высотой ($h_0/d_0$) и заданными относительными случайными погрешностями высотного ($\delta h_0$) и диаметрального ($\delta d_0$) размеров исходных заготовок:

$$\delta d\,(\%) = 1,56 + 0,29\delta d_0 - 0,6\,h_0/d_0 + \\ +0,38\delta d_0 \cdot h_0/d_0, \qquad (1)$$

$$\delta h\,(\%) = 4,86 + 0,545\delta h_0 + 2,18\delta d_0 \cdot h_0/d_0 + \\ +1,318\delta d_0 \cdot \delta h_0 \cdot h_0/d_0. \qquad (2)$$

Из уравнения регрессионного анализа (1), сравнивая величины коэффициентов при факторах и их взаимодействиях, можно заключить, что наиболее сильное влияние на отклик – относительную погрешность диаметра осаженных поковок ($\delta d$, %) оказывает относительная высота исходных заготовок ($h_0/d_0$). Влияние этого фактора на отклик ($\delta d$, %) в 1,6 раза сильнее эффекта взаимодействия факторов ($\delta d_0 \cdot h_0/d_0$) и в 2 раза сильнее влияния относительной погрешности диаметра исходных заготовок ($\delta d$). Следует обратить внимание на знак перед фактором $h_0/d_0$. Он говорит о том, что с увеличением относительной высоты исходных заготовок относительная погрешность диаметра поковок ($\delta d$, %) уменьшается.

Дисперсионный анализ уравнения (1) показывает, что вклад фактора $h_0/d_0$ в дисперсию отклика ($\delta d$, %) составляет 57%, фактора $\delta d_0$ – 13,5% и эффекта совместного влияния двух факторов ($\delta d_0 \cdot h_0/d_0$) – 22%.

Из анализа уравнения (2) видно, что относительная погрешность высоты осаживаемых поковок ($\delta h$, %) в наибольшей степени зависит от совместного влияния факторов ($\delta d_0 \cdot h_0/d_0$). Сила их совместного влияния в 1,65 раза сильнее влияния всех трех факторов ($\delta d_0 \cdot \delta h_0 \cdot h_0/d_0$) и в 4 раза сильнее влияния исходной относительной погрешности высоты заготовки ($\delta h$, %).

Дисперсионный анализ уравнения (2) свидетельствует о том, что наибольший вклад в дисперсию отклика ($\delta h$, %) вносит парный эффект факторов ($\delta d_0 \cdot h_0/d_0$) – 67,53%, в свою очередь тройной эффект ($\delta d_0 \cdot \delta h_0 \cdot h_0/d_0$) – 25%, а фактор $\delta h_0$ – лишь 4,25%.

Сравнивая уравнения регрессионного анализа (1) и (2), следует обратить внимание на величину коэффициентов при мнимых факторах – 1,56 и 4,86. Известно, что их величина численно равна отклику, если все факторы установлены на так называемом нулевом уровне. Это позволяет сравнить относительные погрешности высотного и диаметрального размеров поковок, если их относительная высота $h_0/d_0 = (2,0 + 1,09)/2 \approx 1,5$. Наряду с этим, можно сделать вывод, что если столь сильное влияние на относительную погрешность высотного и диаметрального размеров поковок оказывает относительная высота исходных заготовок, то следует выполнять раздельный анализ точности как для относительно низких, так и для относительно высоких исходных заготовок.

Рассмотрим влияние относительных погрешностей ($\delta d_0$ и $\delta h_0$) размеров исходных заготовок различной относительной высоты ($h_0/d_0 = 2,0$ и 1,1) с равными по величине объемами на погрешности ($\delta d$ и $\delta h$) размеров осаженных поковок, применяемых для изготовления осадкой поковки с номинальными размерами Ø23×20,5 мм ($h/d = 0,9$).

Для анализа влияния относительной высоты исходных заготовок на погрешности высотного и диаметрального размеров осаживаемой поковки можно упростить задачу, исключив фактор трения. Такое упрощение допустимо, так как на практике очень часто изделия из меди и алюминия в холодном состоянии деформируют без применения технологической смазки [10].

Основываясь на данных эксперимента (таблица), получены уравнения регрессионного анализа для относительных погрешностей диаметра и высоты поковки с размерами Ø23×20,5 мм, применяя для ее изготовления исходные заготовки с относительной высотой $h_0/d_0 = 2,0$(Ø17,5×35 мм):

$$\delta d\,(\%) = 0,96 + 0,68\delta d_0 - \\ -0,115\delta h_0 - 0,265\delta d_0 \cdot \delta h_0, \qquad (3)$$

$$\delta h\,(\%) = 4,87 + 0,49\delta d_0 + 3,5\delta d_0 \cdot \delta h_0. \qquad (4)$$

Из анализа уравнения (3) видно, что относительная погрешность диаметрального размера поковки в наибольшей степени определяется относительной величиной погрешности диаметра исходной заготовки ($\delta d_0$). Влияние этого фактора в 2,5 раза сильнее эффекта взаимодействия относительных погрешностей диаметра и высоты исходной заготовки ($\delta d_0 \cdot \delta h_0$) и почти в 6 раз сильнее погрешности высоты исходной заготовки ($\delta h_0$).

Дисперсионный анализ говорит, что вклад относительной погрешности диаметра исходной заготовки ($\delta d_0$) в дисперсию отклика ($\delta d$, %) составляет 84,5%, вклад эффекта взаимодействия факторов ($\delta d_0 \cdot \delta h_0$) – 13,1% и вклад относительной

погрешности высоты исходной заготовки ($\delta h_0$) – примерно 2,5 %.

Анализ уравнения регрессии (4) показывает, что доминирующее влияние на относительную погрешность высоты поковки ($\delta h$, %) оказывает эффект взаимодействия относительных погрешностей размеров исходных заготовок ($\delta d_0 \cdot \delta h_0$). Влияние этого эффекта на отклик более чем в 7 раз сильнее влияния относительной погрешности $\delta d_0$. Дисперсионный анализ свидетельствует, что вклад парного взаимодействия факторов ($\delta d_0 \cdot \delta h_0$) в дисперсию отклика составляет 97 %.

Рассмотрим данные эксперимента для случая применения относительно низкой исходной заготовки $h_0/d_0 = 1{,}1$(Ø21,4×23,4 мм) для изготовления поковки с номинальными размерами Ø23×20,5 мм. При этом исходная заготовка деформируется с относительной степенью деформации $\varepsilon = 0{,}142$. Пользуясь данными эксперимента (таблица), получены следующие уравнения регрессионного анализа:

$$\delta d\,(\%) = 2{,}16 + 0{,}09\delta d_0 - 0{,}013\delta h_0, \quad (5)$$

$$\delta h\,(\%) = 4{,}86 + 0{,}12\delta d_0 + \\ +0{,}883\delta h_0 + 0{,}858\delta d_0 \cdot \delta h_0. \quad (6)$$

Анализируя уравнение (5), основываясь на результатах регрессионного анализа, можно отметить, что доминирующее влияние на относительную погрешность диаметрального размера поковки, при применении относительно низких исходных заготовок, оказывает относительная погрешность диаметра исходных заготовок ($\delta d_0$). Влияние этого фактора в дисперсию отклика почти в 7 раз сильнее влияния относительной погрешности высоты исходной заготовки ($\delta h_0$). Вклад фактора $\delta d_0$ в дисперсию отклика составляет 97 %.

Регрессионный анализ относительной погрешности высоты поковки при использовании относительно низких заготовок выявил, что влияние погрешности $\delta h_0$ и совместного влияния погрешностей исходных заготовок ($\delta d_0 \cdot \delta h_0$) сопоставимо по силе влияния на относительную погрешность высоты ($\delta h$, %) осаженной поковки. Это подтверждается дисперсионным анализом, из которого следует, что вклад фактора $\delta h_0$ в дисперсию отклика ($\delta h$, %) составляет 50,9 %, а парного эффекта ($\delta d_0 \cdot \delta h_0$) – 48,12 %.

Основываясь на результатах регрессионного и дисперсионного анализов, можно заключить, что относительная высота исходных заготовок ($h_0/d_0$) оказывает существенное влияние на точностные показатели осаживаемых поковок относительно большой высоты $h/d = 0{,}89$(Ø23×20,5 мм). Увеличение относительной высоты исходных заготовок ($h_0/d_0$) от 1,1 до 2,0 сопровождается упрочнением их материала (медь М1), вследствие увеличения относительной степени осадки ($\varepsilon$) от 0,124 до 0,41. В первом случае напряжение текучести $\sigma_S = 150$ МПа, во втором – $\sigma_S = 315$ МПа. При этом сила осадки составила ≈ 50 кН и ≈ 104 кН соответственно.

Все отмеченное выше объясняет особенность осадки на гидравлическом прессе заготовок различной относительной высоты с учетом не только изменения сопротивления материала поковок деформированию, но и особенностей их формоизменения, которые проявляются изменением их бочкообразности, возрастающей с увеличением степени деформации исходных заготовок.

## Заключение

Известно, что, по сравнению с кривошипными прессами, точность диаметральных размеров при осадке цилиндрических поковок на гидравлических прессах выше, чем на кривошипных. Дальнейшее повышение точности указанного размера для повышения точности мерных заготовок для последующей штамповки на прессах может быть обеспечено увеличением относительной высоты исходных цилиндрических заготовок.

## Список литературы

1. Вяткин А.Г., Матвеев С.В. Сравнительный анализ винтовых и кривошипных прессов по критерию точности высотных размеров осаживаемых поковок // Заготовительные производства в машиностроении – 2014. – № 7. – С. 17–23.

2. Воронцов А.Л. Теория и расчеты процессов обработки металлов давлением: учебное пособие: в 2 т. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.

3. Евстратов В.А. Основы технологии выдавливания и конструирования штампов. – Харьков: Высшая школа, 1987. – 144 с.

4. Антонюк Ф.И., Вяткин А.Г. Точность холодной осадки цилиндрических заготовок // КШП. ОМД. – 2000. – № 10. – С. 16–21.

5. Вяткин А.Г., Матвеев С.В. Точность осадки при штамповке на винтовом прессе // Заготовительные производства в машиностроении. – 2013. – № 7. – С. 22–25.

6. Антонюк Ф.И., Зенкина И.А., Кузнецов И.В. Повышение точности диаметральных размеров цилиндрических поковок при холодной осадке // Фундаментальные исследования. – 2017. – № 2. – С. 9–15.

7. Антонюк Ф.И., Калмыков В.В., Мкртчян А.Б. Применение статистических методов анализа к оценке изменения диаметра цилиндра при холодной осадке // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 8–1. – С. 9–13.

8. Shibakov V.G., Pankratov D.L., Khairullin R. Systems Analysis of Process Control Capabilities for Forging Accuracy // Solid State Phenomena. – 2017. – Vol. 265. – P. 1110–1115.

9. Новик Ф.С., Арсов Я.Б. Оптимизация процессов технологии металлов методами планирования экспериментов. – М.: Машиностроение; София: Техника, 1980. – 304 с.

10. Попова Т.В., Вяткин А.Г. Анализ факторов, влияющих на эффективность применения технологических смазок при холодной объемной штамповке // Технология машиностроения. – 2017. – № 9. – С. 10–14.

УДК [621.833.01+621.825]:658.512

# МЕТОДИКА ПРОЕКТНОЙ ОЦЕНКИ РЕСУРСА ЗУБЧАТЫХ МУФТ ПО КРИТЕРИЮ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ

**Анцупов В.П., Слободянский М.Г., Анцупов А.В. (мл.), Анцупов А.В.**

*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: momz-magtu@yandex.ru*

В статье показано, что основной причиной отказов зубчатых муфт является не возникновение трещин и поломка зубьев обоймы и втулки согласно ГОСТ 50895-96, а достижение износом зубьев на делительном диаметре предельного значения, приводящее к их постепенному отказу. Известные в справочной литературе условия контактной прочности, используемые в настоящее время в качестве критерия износостойкости, не описывают физические закономерности процессов трения и изнашивания зубьев и не могут быть применены для проектной оценки их долговечности. Поэтому для расчета ожидаемого ресурса зубчатых муфт по критерию износостойкости зубьев разработана аналитическая методика, использующая основные уравнения теории параметрической надежности технических объектов и базовые зависимости энерго-механической концепции изнашивания стационарных трибосопряжений. На её основе создан алгоритм аналитической оценки ожидаемого ресурса зубчатых муфт в зависимости от основных конструктивных и технологических параметров их эксплуатации, свойств материалов и фрикционных характеристик. Он может быть использован при сравнительном анализе и выборе наиболее долговечных технических, технологических или конструктивных решений, не прибегая к дополнительным лабораторным или промышленным исследованиям.

**Ключевые слова: зубчатая муфта, привод, прогнозирование, долговечность, износ, износостойкость, ресурс**

# ENGINEERING ESTIMATE METHOD FOR FAILURE-FREE SERVICE LIFE OF TOOTHED CLUTCHES

**Antsupov V.P., Slobodyanskiy M.G., Antsupov A.V. (jr.), Antsupov A.V.**

*Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: momz-magtu@yandex.ru*

The article depicts that the main reason for the toothed clutches failures is not the cracks and breakage of the cage and bush teeth according to GOST 50895-96, but achieving the limiting value by teeth crumble on the fission diameter, leading to their gradual failure. Known in the reference literature, the conditions of contact strength, which are currently used as a criterion of wear resistance, do not describe the physical laws of friction and wear processes of teeth and cannot be applied to the design evaluation of their durability. Therefore, in order to calculate the expected life of toothed clutches by the teeth wear resistance, an analytical technique has been developed that uses the basic equations of the parametric reliability theory for technical objects and the basic dependences of the energy-mechanical concept of stationary tribocoupling wear. Based on this, an estimating analytical algorithm is created for the expected resource of toothed clutches, depending on the main design and technological parameters of their operation, material properties and frictional characteristics. It can be used for comparative analysis and selection of the most durable technical, technological or design solutions without resorting to additional laboratory or industrial research.

**Keywords: toothed clutch, drive, prediction, longevity, wear, wear resistance, resources**

Широкое применение в приводах различных машин получили зубчатые муфты, выполняющие функцию компенсации осевых, радиальных и угловых смещений соединяемых осей и валов, общий вид и устройство которых представлены на рис. 1, а [1–3]. Они обладают высокой нагрузочной способностью, компактностью и возможностью применения в большом диапазоне передаваемых моментов. На стадии проектирования привода выбор муфт ведут по наибольшему диаметру концов соединяемых валов с уточнением максимального длительно действующего крутящего момента [1]:

$$T_{\text{раб}} = \frac{T_{\text{кр}}}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3}, \qquad (1)$$

где $T_{\text{раб}}$ – наибольший длительно действующий крутящий момент; $T_{\text{кр}}$ – номинальный крутящий момент, принимаемый по ГОСТ 50895-96; $K_1$ – коэффициент, учитывающий степень ответственности передачи; $K_2$ – коэффициент, учитывающий условия работы; $K_3$ – коэффициент углового смещения.

Согласно ГОСТ 50895-96 отказ зубчатых муфт исследуемого типа может быть зафиксирован по одной из следующих причин:

– поломка зуба обоймы или втулки;

– возникновение трещин на втулках и обоймах;

– разрушение болтовых соединений;

– возникновение утечки смазочного материала.

Однако, как показывает практика, критерием предельного состояния муфты или отказа в нормальных условиях эксплуатации является предельное значение износа поверхностного слоя зубьев на делительном диаметре. Несмотря на это, проектную оценку

износостойкости осуществляют проверкой условия контактной прочности [2–4] в виде

$$p = \frac{T \cdot k_h \cdot k_{нр}}{b_м \cdot d_м^2} \le [p], \qquad (2)$$

где $T$ – крутящий момент, передаваемый муфтой;
$d_м$ – диаметр делительной окружности зубчатого венца;
$k_h$ – коэффициент высоты зуба;
$k_{нр}$ – коэффициент неравномерности удельной нагрузки;
$[p]$ – допускаемое давление, назначаемое в зависимости от вида термообработки зубьев.

Полагают, что если выполняется условие (2), то износостойкость зубчатой муфты будет обеспечена длительное время. Очевидно, что такой подход не позволяет моделировать процесс фрикционного взаимодействия и изнашивания зубьев, так как при расчете их износа, помимо контактных напряжений, должны быть учтены наиболее значимые параметры, такие как скорость скольжения поверхностей, параметры их шероховатости, триботехнические характеристики, физические и механические свойства материала поверхностного слоя и другие. В связи с этим целью настоящих исследований является разработка методики аналитической оценки проектного ресурса зубчатых муфт по критерию износостойкости зубьев в различных условиях эксплуатации. Её, на наш взгляд, можно построить с использованием современных достижений физической теории надежности деталей машин [5–7] и энерго-механической концепции изнашивания твердых тел [8–10], которая построена на базовых положениях молекулярно-механической [11] и структурно-энергетической [12] теорий трения.

### *Разработка методики прогнозирования ресурса зубчатых муфт приводов металлургических машин по критерию износостойкости зубьев*

Блок-схема предлагаемой методики в виде последовательности необходимых математических операций представлена на рис. 2 и включает 10 операционных блоков.

Первый блок включает 5 групп исходных данных, при обозначении которых индекс 1 будет характеризовать зубчатую втулку, а индекс 2 – зубчатую обойму.

В первую группу входят характеристики зубчатого зацепления и параметры внешнего нагружения: число зубьев $z$, модуль $m$, ширина зубчатого венца втулки $b_1$ (длина зуба) (см. рис. 1, *б, в*), угол перекоса осей соединяемых валов α, крутящий момент, передаваемый муфтой $M_{кр}$, частота вращения муфты $n$, температура зубчатого зацепления муфты $T_0$, коэффициент ψ, учитывающий неравномерность распределения давлений в соединении (обычно 0,7…0,8) [13].

Вторая группа включает характеристики шероховатости поверхности зубьев муфты по ГОСТ 50895-96: среднеарифметическое отклонение профиля $R_{a(1,2)}$, наибольшая высота профиля $R_{\max(1,2)}$, параметры опорной кривой поверхности $b_{1,2}$ и $v_{1,2}$, радиус кривизны вершин микровыступов поверхности $r_{1,2}$.

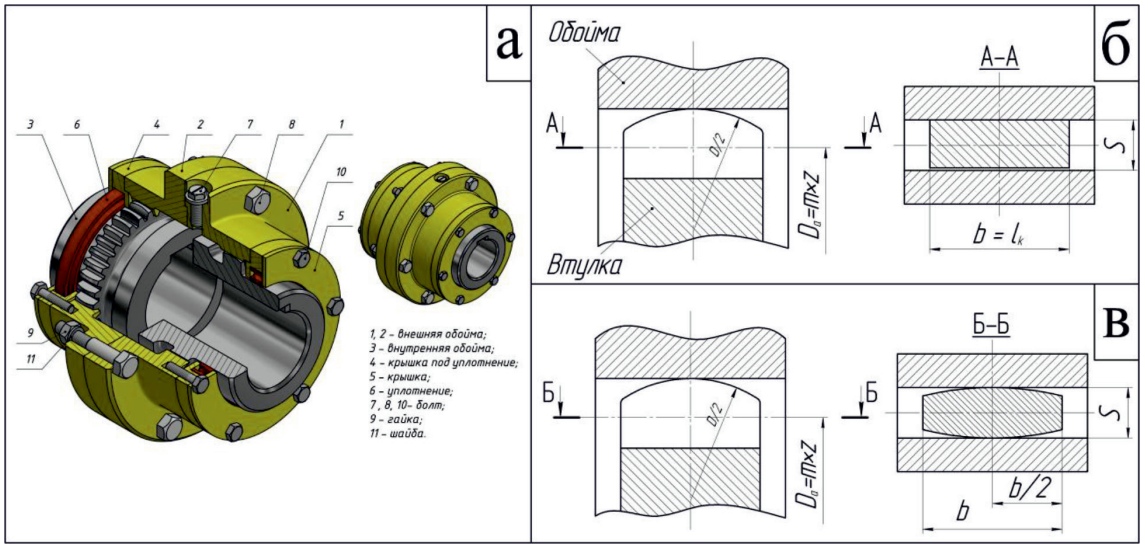



*Рис. 1. Общий вид и устройство зубчатой муфты (а), форма зубьев втулки с линейными (б) и криволинейными образующими (бочкообразные зубья) (в)*

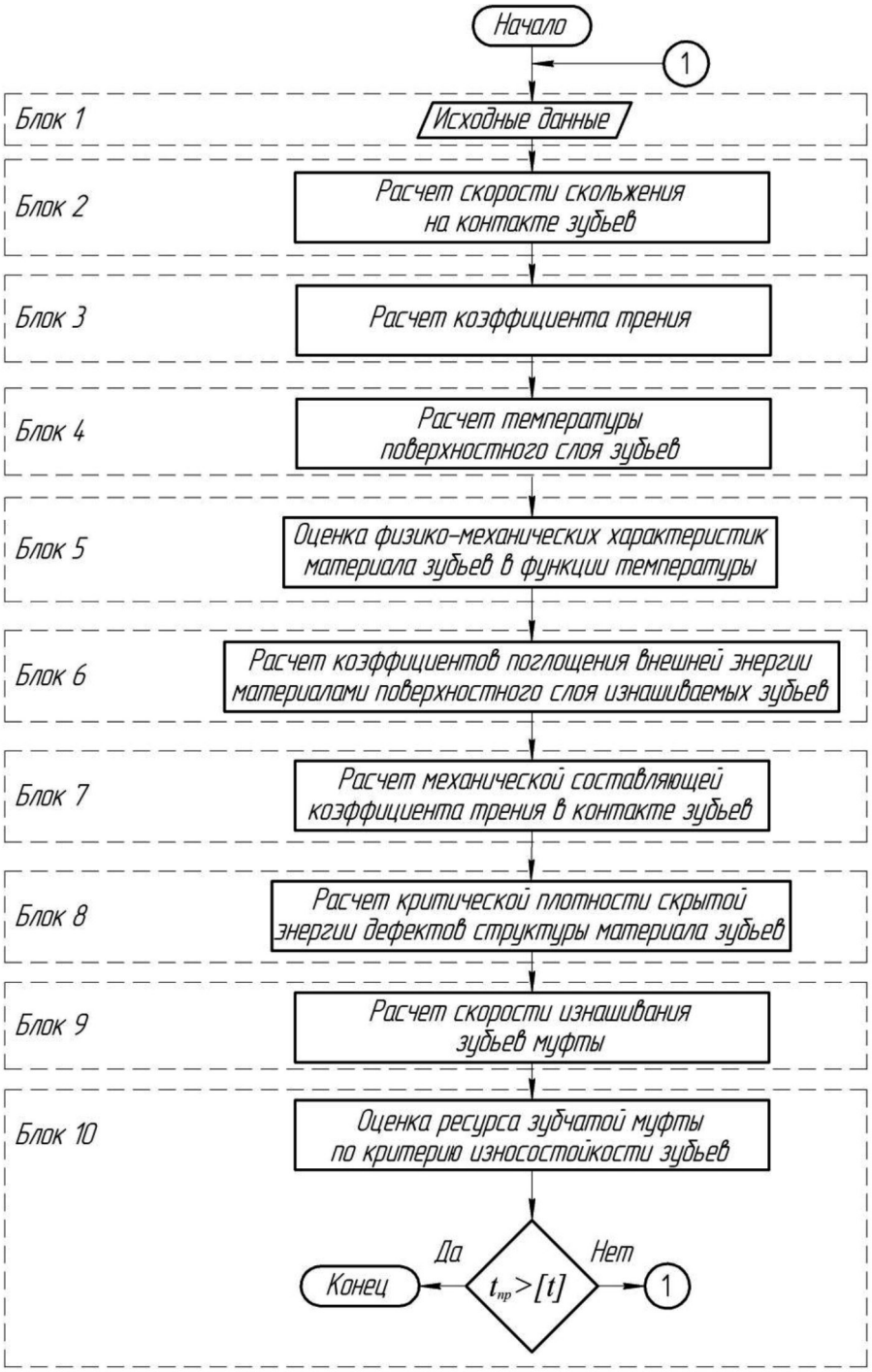



*Рис. 2. Блок-схема процесса аналитической оценки ресурса зубчатой муфты по критерию износостойкости зубьев*

В третьей группе задают физико-механические характеристики материалов зубьев муфты: модуль упругости $E_{1,2}$, коэффициент Пуассона $\mu_{1,2}$, предел пропорциональности $\sigma_{пц(1,2)}$, предел текучести $\sigma_{T(1,2)}$, твердость по Виккерсу $HV_{1,2}$, коэффициент гистерезисных потерь при растяжении $\alpha_{Гр(1,2)}$, плотность материала $\rho_{1,2}$ втулки и обоймы соответственно.

Четвертая группа включает теплофизические характеристики материалов зубьев: коэффициент теплопроводности $\lambda_{1,2}$, коэф-

фициент теплоотдачи поверхности трения $\alpha_{1,2}$, удельную теплоемкость $c_{1,2}$, энтальпию плавления $\Delta H_{S(1,2)}$.

В пятую группу входят фрикционные характеристики трибосопряжения зубьев: касательное напряжение межмолекулярного сцепления $\tau_0$ и коэффициент упрочнения молекулярной связи $\beta$ [11].

Во втором блоке методики оценивается значение скорости относительного скольжения рабочих поверхностей с учетом наибольшего смещения точек зубьев по зависимости работы [13]:

$$V_{\text{ск}} = \frac{\alpha \cdot n \cdot D_a}{60} \cdot \sqrt{1 + \left(\frac{l}{D_a}\right)^2}, \qquad (3)$$

где $D_a = m \cdot z$ – делительный диаметр окружности зубьев втулки; $n$ – частота вращения муфты;

$\alpha$ – угол перекоса осей соединяемых валов; $l$ – длина соединения зубчатой втулки и обоймы.

В третьем блоке алгоритма производится расчет коэффициента трения в зависимости от вида напряженного состояния поверхностного слоя зубьев по известной методике И.В. Крагельского [11]:

– при упругом состоянии, если $p_{c(1)} < \sigma_{\text{пц}(1)}$;

$$f = 2{,}4 \cdot \tau_0 \cdot \left(\theta_1^4 \Big/ \left(p_{cp} \cdot \Delta_2^2\right)\right)^{0{,}2} +$$

$$+ \beta \ + 0{,}2 \cdot \alpha_{\Gamma} \cdot \left(p_{cp} \cdot \Delta_2^2 \cdot \theta_1\right)^{0{,}2};$$

– при упруго-пластическом состоянии, если $\sigma_{\text{пц}(1)} < p_{c(1)} < \sigma_{T(1)}$;

$$f = 1{,}25 \cdot \tau_0 \cdot \left(\theta_1^2 \Big/ \left(p_{cp} \cdot \Delta_2\right)\right)^{1/3} +$$

$$+ \beta + 0{,}4 \cdot \alpha_{\Gamma} \cdot \left(p_{cp} \cdot \Delta_2 \cdot \theta_1\right)^{1/3};$$

– при пластическом состоянии, если $\sigma_{T(1)} < p_{c(1)} < HB_{(1)}$

$$f = \tau_0 \Big/ HB_1 + \beta + 0{,}9 \cdot \left(p_{cp} \cdot \Delta_2 \Big/ HB_1\right)^{0{,}5},$$

где $\theta_{1,2} = \left(1 - \mu_{1,2}^2\right) \Big/ E_{1,2}$ – упругая постоянная материала втулки и обоймы; $p_{c(1)} = \sigma_{T(1)} \cdot \left(p_{cp} \Big/ \sigma_{T(1)}\right)^{p_{cp}/\sigma_{T(1)}}$ – контурное давление (напряжение) в поверхностном слое зубьев втулки [14]; $\sigma_{\text{пц}(1)}$ – предел пропорциональности материала зубчатой втулки; $p_{cp}$ – средние контактные давления между зубьями; $\alpha_{\Gamma}$ – коэффициент гистерезисных потерь материала зубьев; $\Delta_2 = R_{\max(2)} \Big/ \left(r_2 \cdot b_2^{1/\nu_2}\right)$ – комплексная характеристика шероховатости поверхности зубьев обоймы.

При оценке средних контактных давлений принимаем, что нагрузка распределяется равномерно между всеми зубьями и контакт происходит в пределах всей длины $b$ и рабочей высоты $h_{\text{к}} = m + 0{,}8 \cdot m$ (см. рис. 1, б, для зубьев с линейными образующими), которая складывается из высот головок зуба втулки и зуба обоймы. Поэтому средние контактные давления между зубьями можно определить по зависимости работ [13]:

$$p_{\text{ср}} = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{D_a \cdot z \cdot h_{\text{к}} \cdot b_1 \cdot \psi}, \qquad (4)$$

где $b_1$ – ширина зубчатого венца втулки; $h_{\text{к}}$ – высота контакта зубьев; $\psi$ – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения давлений в зубчатом соединении [13].

В четвертом блоке рассчитываем температуру поверхностного слоя зубьев по методике А.В. Чичинадзе [15]:

$$T_{1,2} = \left(f \cdot p_{cp} \cdot V_{\text{ск}} \Big/ \left(\lambda_2 \cdot m_2 + \lambda_1 \cdot m_1\right)\right) + T_{0(1,2)}, \qquad (5)$$

где $T_{0(1,2)}$ – исходная температура материала зубьев втулки и обоймы соответственно; $m_{1,2} = \sqrt{\alpha_{1,2(1,2)} \cdot u_{1,2}^{\text{уд}} \Big/ \left(\lambda_{1,2} \cdot A_{T1,2}^{\text{уд}}\right)}$ – параметр, определяемый геометрическими характеристиками зубьев втулки и обоймы соответственно [15]; $A_{T(1,2)}^{\text{уд}}$ – удельная площадь трения зубьев втулки и обоймы; $u_{1,2}^{\text{уд}}$ – периметр удельной площади контакта зубьев втулки и обоймы соответственно.

В пятом блоке алгоритма оцениваются физико-механические характеристики материала зубьев в функции температуры поверхностного слоя ($E_{1,2}(T)$, $\mu_{1,2}(T)$, $\sigma_{T(1,2)}(T)$, $HV_{1,2}(T)$).

Коэффициент Пуассона материалов зубьев втулки и обоймы:

$$\mu_{1,2}\left(T_{1,2}\right) = \mu_{1,2} \cdot e^{-0{,}0005 \cdot T_{1,2}}. \qquad (6)$$

Модуль упругости материалов зубьев втулки и обоймы:

$$E_{1,2}\left(T_{1,2}\right) = E_{1,2} \cdot e^{-0{,}0007 \cdot T_{1,2}}. \qquad (7)$$

Упругие постоянные материалов зубьев втулки и обоймы:

$$\theta_{1,2}\left(T_{1,2}\right) = \left(1 - \mu_{1,2}^2\left(T_{1,2}\right)\right) \Big/ E_{1,2}\left(T_{1,2}\right). \qquad (8)$$

Коэффициенты поглощения внешней энергии поверхностным слоем зубьев втулки в шестом блоке (рис. 2) определяем по методике работы [9]:

$$\nu_1 = 1 - \left(K_{\varepsilon} \cdot R_{a1}^{1/3} + 1\right)^{-1};$$

$$K_{\varepsilon} = \theta_1^{2/3} / \left(\theta_2^{2/3} \cdot R_{a2}^{1/3}\right). \qquad (9)$$

В седьмом блоке рассчитываем механическую составляющую коэффициента трения [9] в установившемся режиме трения

в зависимости от вида напряженного состояния поверхностного слоя зубьев:

– при упругом состоянии

$$f_{\text{мех}} = 0{,}2 \cdot \alpha_{\Gamma(1)} \cdot \Delta_{\text{пр}}^2 \cdot \left(p_{\text{ср}} \cdot \theta_1\left(T_1\right)\right)^{\frac{1}{5}};$$

– при упругопластическом:

$$f_{\text{мех}} = 0{,}4 \cdot \alpha_{\Gamma(1)} \cdot \Delta_{\text{пр}} \cdot \left(p_{\text{ср}} \cdot \theta_1\left(T_1\right)\right)^{\frac{1}{3}};$$

– при пластическом напряженном состоянии:

$$f_{\text{мех}} = 0{,}9 \cdot \left(\Delta_{\text{пр}} \cdot p_{\text{ср}} / HB_1\right)^{0{,}5}.$$

Комплексный показатель шероховатости приработанной поверхности зубьев втулки [11]:

$$\Delta_{\text{пр}} = 16 \cdot \left(\tau_0 / \alpha_{\Gamma(2)}\right)^{5/4} \cdot \theta_2\left(T_2\right)^{3/4} \cdot p_{\text{ср}}^{-1|/2}. \quad (10)$$

В восьмом блоке алгоритма критическая плотность скрытой энергии дефектов поверхностного слоя зубьев втулки и обоймы оцениваем по зависимостям работ [9, 10, 12]:

$$u^*_{e(1,2)} = \Delta H_{S\,(1,2)} - \left(u_{T(1,2)} - u_{e0(1,2)}\right), \quad (11)$$

где $u_{e0\,(1,2)}$ – исходная плотность скрытой составляющей внутренней энергии материала поверхностного слоя зубьев втулки и обоймы соответственно; $u_{T(1,2)} = \int_0^{T_{1,2}} \rho_{1,2} \cdot c_{1,2} \cdot dT_{1,2}$ – энтальпия материала зубьев температуре поверхностного слоя $T$.

В девятом блоке алгоритма, для оценки скорости изнашивания зубьев, используем базовое уравнение энерго-механической концепции разрушения поверхностного слоя [12], которое для рассматриваемой пары трения примет вид

$$\dot{y} = \nu_{1,2} \cdot f_{\text{мех}} \cdot p_{\text{ср}} \cdot V_{\text{ск}} / u^*_{e(1,2)}. \quad (12)$$

На заключительном этапе методики (блок 10, рис. 2) ресурс зубчатой муфты по критерию износостойкости зубьев определяем как отношение величины предельного износа, установленного согласно [1] к расчетному значению скорости изнашивания в установившемся режиме трения:

$$t_{\text{пр}} = [h] / \dot{y}. \quad (13)$$

При проектировании привода металлургической машины рекомендуется производить сравнение расчетного ресурса муфты по критерию износостойкости с установленным нормативно-технической документацией. В случае если расчетный ресурс $t_{\text{пр}}$ меньше установленного $[t]$, то необходимо внести коррективы в исходные данные и повторить расчет.

Совокупность уравнений (1)–(13) представляет собой аналитическую методику оценки ресурса зубчатых муфт по критерию износостойкости зубьев. Она позволяет на стадии проектной разработки или эксплуатации привода металлургической машины проводить сравнительный анализ различных вариантов конструкции и модификаций муфт в предполагаемых условиях нагружения по условию максимальной долговечности. Существенным преимуществом предлагаемой методики является возможность её использования без проведения экспериментальных исследований.

## Выводы

1. В работе показано, что основной причиной отказа зубчатых муфт является не условие контактной прочности, а предельное значение износа, так как уравнения для расчета контактных напряжений не позволяют адекватно описать процессы трения и изнашивания зубьев.

2. На основе современных достижений теории параметрической надежности технических объектов, кинетического подхода к разрушению твердых тел и энерго-механической концепции изнашивания сформулирована аналитическая методика оценки ресурса зубчатых муфт по критерию износостойкости зубьев.

3. Методика позволяет выбирать наиболее долговечные варианты конструкций на основе теоретического анализа влияния технологических и конструктивных параметров на величину проектного ресурса.

## Список литературы

1. ГОСТ Р 50895-96. Муфты зубчатые. Технические условия. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 19 с.

2. Кузьмин А.В. Расчеты деталей машин: справ. пособие / А.В. Кузьмин, И.М. Чернин, Б.С. Козинцов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Мн.: Выш. шк., 1986. – 400 с.

3. Иванов М.Н. Детали машин: учебник для академического бакалавриата / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 15-е изд., испр. и доп. – М.: Издательство Юрайт, 2014. – 408 с.

4. Иванов М.Н. Детали машин: учебник для машиностроительных специальностей вузов / М.Н. Иванов, В.А. Финогенов. – 12-е изд., испр. – М.: Высш. шк., 2008. – 408 с.

5. Царёв А.М. Надежность и диагностика технологического оборудования: учеб. пособие / А.М. Царёв. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2013. – 128 с.

6. Анцупов А.В. (мл.) Аналитический метод проектной оценки ресурса элементов металлургических машин / А.В. Анцупов (мл.), А.В. Анцупов, В.П. Анцупов // Известия вузов. Черная металлургия. – 2017. – Т. 60, № 1. – С. 30–35.

7. Antsupov A.V., Antsupov V.P., Antsupov A.V. Estimation and assurance of machine component design lifetime / Procedia Engineering. 2016. T. 150. pp. 726–733. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.094.

8. Современная трибология: итоги и перспективы / Отв. ред. К.В. Орлов. – М.: Издательство ЛКИ, 2008. – 480 с.

9. Федоров В.В. Основы эргодинамики и синергетики деформируемых тел / В.В. Федоров; под ред. С.В. Федорова. – Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ», 2014. – Ч. III. Основы эргодинамики деформируемых тел. – 222 с.

10. Оценка ресурса деталей и узлов металлургических машин на стадии их проектирования и эксплуатации: учебное пособие / А.В. Анцупов (мл.), М.Г. Слободянский, В.П. Анцупов, А.В. Анцупов. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2018. – 211 с.

11. Дроздов Ю.Н., Юдин Е.Г., Белов А.И. Прикладная трибология (трение, износ, смазка) / Под ред. Ю.Н. Дроздова. – М.: «Эко-Пресс», 2010. – 604 с.

12. Анцупов А.В. Энерго-механическая концепция прогнозирования ресурса узлов трения по критерию износостойкости элементов / А.В. Анцупов (мл.), А.В. Анцупов, В.П. Анцупов, М.Г. Слободянский, В.А. Русанов // Трение и износ. – 2016. – Т. 37, № 5. – С. 510–516.

13. Яковлев Р.А. Расчет на износ узлов трения прокатных станов: учебное пособие по курсу «Основы динамики и надежности прокатных станов» / Под ред. А.Г. Колеснико-ва. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004. – 52 с.

14. Хохлов В.М. Расчет площадей контакта, допускаемых напряжений, износа и износостойких деталей машин / В.М. Хохлов. – Брянск: БГТУ, 1999. – 104 с.

15. Амосов А.П. Теплофизические модели трения инертных и взрывчатых материалов / А.П. Амосов. – М.: Машиностроение, 2011. – 363 с.

УДК 666.972:54.052

# ПОВЫШЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК БЕТОНОВ ВВОДОМ НАНОЧАСТИЦ $SiO_2$

**[1]Горев Д.С., [1]Потапов В.В., [2]Горева Т.С., [3]Портнягин Н.Н.**

*[1]ФГБУН «Научно-исследовательский геотехнологический центр» Дальневосточного отделения Российской академии наук, Петропавловск-Камчатский, e-mail: goreff.denis2015@yandex.ru;*
*[2]Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, филиал, Севастополь;*
*[3]Российский государственный университет нефти и газа имени И.М. Губкина, Москва*

Проанализированы эксперименты с использованием добавок в бетон суперпластификатора и наночастиц $SiO_2$. В настоящее время развивается подход по модифицированию бетонов наночастицами различного химического состава и размеров: наночастицы оксидов титана, алюминия, меди, железа, циркония, наноуглерода и др. Существуют работы по получению наночастиц цемента и применения наносвязующего. Для расширения применения нанодобавок отдельное значение имеет вопрос о совершенствовании технологии и снижении себестоимости производства нанодобавок. При этом для изучения механизма влияния наночастиц на характеристики бетона используются приборы для изучениия структуры наноматериалов. Золи и нанопорошки $SiO_2$ могут использоваться в качестве добавок, повышающих долговечность бетона. Нанокремнезем способствует скорости набора прочности бетона, повышению конечной прочности бетона при сжатии, снижению количеств традиционных ингредиентов при производстве бетона. Частицы нанокремнезема отличаются высокой удельной площадью поверхности и присутствием химически активных поверхностных силанольных групп, которые способствуют ускорению реакций гидратации силикатов кальция. Активность микрокремнезема в отношении повышения прочности бетона при сжатии проявляется при расходах по $SiO_2$ в 10–100 раз больших, чем расход нанокремнезема для достижения сопоставимого эффекта по приращению прочности.

**Ключевые слова: наночастицы, наномодифицирование, предел прочности бетона при сжатии, суперпластификатор**

# INCREASE IN THE CHARACTERISTICS OF CONCRETE BY THE INTRODUCTION OF $SiO_2$ NANOPARTICLES

**[1]Gorev D.S., [1]Potapov V.V., [2]Goreva T.S., [3]Portnyagin N.N.**

*[1]Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: goreff.denis2015@yandex.ru;*
*[2]Lomonosov Moscow State University, branch, Sevastopol;*
*[3]Russian State University of Oil and Gas, Moscow*

Analyzed experiments using additives in the concrete superplasticizer and nano-particles of $SiO_2$. We are currently developing an approach for modifying concrete with nanoparticles of various chemical composition and sizes of the nanoparticles of oxides of titanium, aluminum, copper, iron, zirconium, nanocarbon, etc. Exist on the preparation of nanoparticles of cement and use of nanomatrixes. To expand the use of nano-additives, the issue of improving the technology and reducing the cost of production of nano-additives is of particular importance. In this case, to study the mechanism of influence of nanoparticles on the characteristics of concrete, devices are used to study the structure of nanomaterials. Sols and $SiO_2$ nanopowders can be used as additives that increase the durability of concrete. Nanosilicon contributes to the speed of concrete strength gain, increase the ultimate strength of concrete in compression, reduce the amount of traditional ingradients in the production of concrete. Nanosilica particles are characterized by a high specific surface area and the presence of chemically active surface silanol groups, which contribute to the acceleration of hydration reactions of calcium silicates. Activity of silica fume to increase the strength of concrete in compression is shown at the costs of $SiO_2$ 10-100 times larger than the consumption of nanogrammes to achieve a comparable effect on the increment of strength.

**Keywords: nanoparticles, nanomodification, ultimate strength of concrete during compression, superplasticizer**

В строительном материаловедении стали использовать комплекс методов исследований наноматериалов [1]. На основе результатов, полученных с помощью этих методов, сформировались новые представления о кинетике образования и структуры геля гидратов – C-S-H. Ввод наночастиц позволяет регулировать плотность разновидностей геля C-S-H и соотношение Ca/Si в нем, регулируя структуру и характеристики бетона. Высокая удельная поверхность наночастиц (до 500–1000 $м^2/г$) обуславливает повышенную химическую активность и ускорение образования гидратов силикатов кальция. Проводить направленное модицифирование бетона вводом наночастиц можно в твердой и жидкой фазах, также на границах между фазами. Техника ввода нанодобавок должна обеспечивать однородное распределение наночастиц по замесу.

Для расширения применения нанодобавок отдельное значение имеет вопрос о совершенствовании технологии и снижении себестоимости производства нанодобавок.

Для направленного улучшения характеристик бетона в большинстве случаев используют нанодисперсный диоксид кремния и нанооксид титана. Другая часть работ в этой области посвящена применению нанодисперсных оксидов железа, алюминия, циркония, меди и наномонтмориллонита. Есть работы по получению наночастиц цемента и применения наносвязующего. Учитывая уникальные физические свойства нанотрубок и нановолокон углерода, можно утверждать, что они могут быть использованы для ускорения реакции гидратации, направленного изменения структур C-S-H в составе бетона, повышения прочности бетона, трещиностойкости, изменения его электрических свойств и др.[2]

Повышения характеристик было достигнуто за счет наночастиц углерода при производстве пено- и газобетонных блоков. Достигнут рост прочности бетона на 16–18% и снижение плотности на 8–10% при расходе наночастиц углерода $10^{-4}$–$10^{-3}$ мас.%. Ускорен производственный цикл.

Наночастицы углерода размером 10−50 нм в количестве 0,004 мас.% по цементу в паре с микрокремнеземом (8 мас.%) значительно увеличивали прочность бетона при сжатии и другие характеристики.

Повышение прочности бетона при сжатии удавалось достичь применением золя наночастиц углерода с размерами 5–20 нм, смесью нанопорошков оксидов алюминия, кальция и магния, также наночастицами титана и вольфрама.

Ультрадисперсные материалы (УДМ) на основе аморфных материалов типа микрокремнезёма (CSF – condensed silica fume) обычно в присутствии суперпластификаторов с ВРС более 20–30% существенно изменяют морфологию и структуру цементных композиций, обеспечивая повышенные показатели плотности, прочности и коррозионной стойкости.

Основными структурообразующими характеристиками таких материалов являются размер частиц и их химическое сродство (способность к связыванию CaO) к щелочной (CaO, $R_2O$) жидкой фазе цемента (Ц).

Высокодисперсные частицы CSF (d = 0,15–0,3 мкм) заполняют межзерновое пространство между «грубыми» частицами цемента (d = 30–100 мкм), уплотняя структуру и обеспечивая стеснённые условия взаимодействия CSF с $Ca(OH)_2$ жидкой фазы Ц.

Аморфная структура CSF предопределяет его быстрое взаимодействие с $Ca(OH)_2$ с образованием гидросиликатов кальция (ГСК) коллоидно-гелевой дисперсности.

В результате этих процессов образуется субмикрогелевая гидросиликатная взвесь, вязкость которой обеспечивает бесседиментационное размещение реагирующих частиц CSF и цемента в порах цементного камня на границе с заполнителем.

Частицы CSF имеют химическое сродство с поровой жидкостью Ц ($Ca(OH)_2$, KOH, NaO), обладают высокой способностью к хемосорбции CaO и выполняют роль силикатных центров зародышеобразования возникающих на их поверхности гидросиликатов.

Для CSF в цементных материалах наиболее цитируемой является реакция $SiO_2 + CaO+H_2O \rightarrow CaO\cdot SiO_2\cdot H_2O$ без указания роли $R_2O$.

Есть сведения со ссылкой, что в присутствии CSF крупные кристаллы $Ca(OH)_2$ не возникают, что способствует образованию более прочной мелкозернистой структуры. На наш взгляд, это может вызывать сомнение, так как конкурентность гидролизующихся $Ca(OH)_2$ и $CaO\cdot SiO_2\cdot H_2O$ из $3CaO\cdot SiO_2$ должна сохраняться.

Конструктивная роль CSF по прочности бетона для дозировки CSF 10–20% подтверждается во многих работах, но её проявление начинается не ранее 7–30 сут.

Согласно справочным сведениям прочность образующихся гидросиликатов существенно превышает прочность цементного камня и достигает 700–800 МПа для CSH (I) и 1000–1300 МПа для CSH (II).

Одна из проблем, ограничивающих масштабы применения нанодобавок для модифицирования бетонов, – себестоимость производства наночастиц. Как правило, себестоимость увеличивается с уменьшением размеров наночастиц. В качестве дешевой нанодобавки в бетон можно предложить различные формы нанодисперсного диоксида кремния, получаемого на основе гидротермальных растворов.

В основе такой технологии – стадии поликонденсации ортокремниевой кислоты, которая присутствует в гидротермальном растворе в результате естественного растворения алюмосиликатных минералов пород, формирование частиц кремнезема, мембранное концентрирование частиц с получением стабильного водного золя и криохимическая вакуумная сублимация золя с выделением нанопорошка кремнезема.

При подобном технологическом подходе оказываются исключенными из производства химические реагенты, используемые в традиционных методах получения золей кремнезема (силикат натрия, ионообменные смолы, регенерирующие кислотные среды и др.).

При этом оказывается достаточно низким удельный расход электрической энергии на мембранное концентрирование золя и вакуумную сублимацию порошка. В целом указанные факторы определяют низкую себестоимость различных форм гидротермального нанокремнезема.

*Применение кремнезема для повышения характеристик бетона*

Исследования показали, что нанокремнезем активнее микрокремнезема, то есть при равных расходах приводит к более высокому росту характеристик. Например, при расходе нанокремнезема 10 мас.% (по цементу) в комбинации с суперпластификаторами прочность бетона в возрасте 28 суток повышается на 26%, после расхода 15 мас.% микрокремнезема прочность повышается на 10%.

Применение наночастиц $SiO_2$, полученных в смеси, включающей тетраэтоксисилан, этанол и воду, в количестве 0,25 мас.% в паре с суперпластификатором в количестве 0,1% способствовало повышению прочности при сжатии бетона в возрасте 3–7 сут на 28−30%, в возрасте 28 сут – на 10%.

Применением жидкого суперпластификатора Gaia, содержащего частицы нанокремнезема и раствор суперпластификатора, добивались значительного повышения прочности при сжатии в раннем и позднем возрастах (рис. 1):

$$F_{28} = 208{,}38 \cdot e^{-3{,}0881 \cdot В/Ц}\ R^2 = 97\%. \qquad (1)$$

Микрокремнезем, используемый в качестве ингредиента в производстве бетона, в большинстве случаев представляет собой отход металлургии (производство ферросилиция). Массовая доля $SiO_2$ в таком микрокремнеземе доходит 80–98%. При размере частиц микрокремнезема порядка от 150 до 200 нм удельная поверхность достигает 15000–25000 $м^2/кг$, поверхностная энергия – 18 кДж/кг, концентрация частиц – $1012/м^3$. Частицы нанокремнезема гораздо мельче – от 1 до 20 нм, удельная поверхность выше – 200000 $м^2/кг$, удельная поверхностная энергия до 250 кДж/кг.

Для заполнения всего объема цементного камня требуется $6 \cdot 10^{19}/м^3$ наночастиц (2,5–3,0 мас.% по цементу), что дает дополнительно $10^7$ $м^2$ площади поверхности и 12 МДж энергии. Для максимально возможной прочности при сжатии концентрация наночастиц кремнезема должна быть порядка 4–5 мас.%.

Применение нанокремнезема в паре с микрокремнеземом и суперпластификаторами обеспечивает прочность при сжатии 115–120 МПа в возрасте 14 сут, в два с половиной раза повышая показатель цемента (рис. 2, а, б).

Расход микрокремнезема относительно цемента варьировали в пределах 5%, 10% и 15%. В воду затворения вводили суперпластификатор Pozzolith BASF Chemical для достижения гомогенности замесов. Установлено влияние нано-$SiO_2$ на реакции позоланного типа, рост водопотребности и прочности при сжатии. Микрокремнезем показал слабое влияние на реакции позоланного типа. Ввод микрокремнезема приводил к некоторому снижению прочности при сжатии.

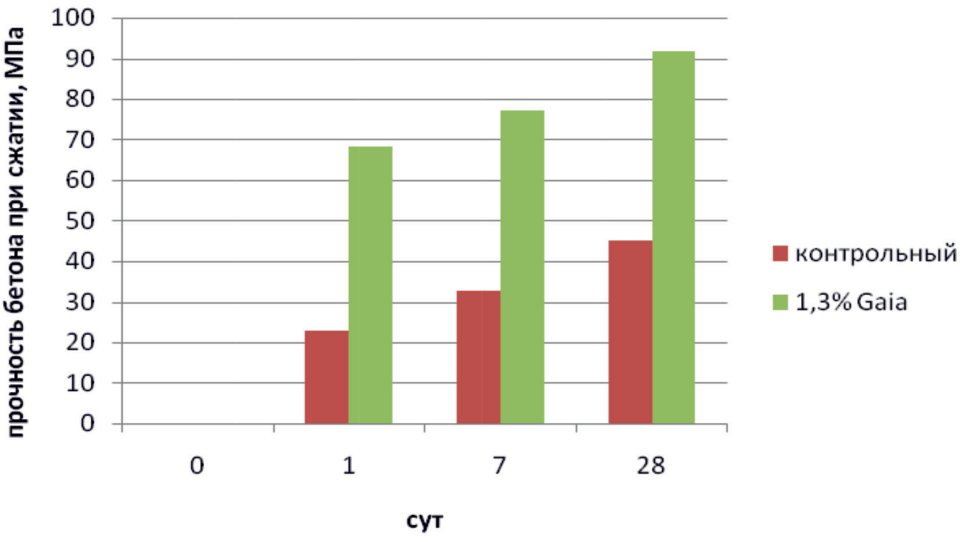
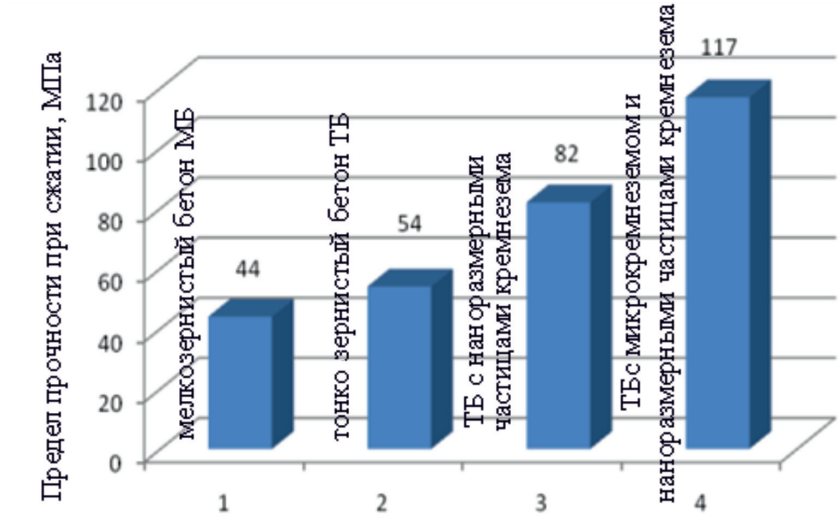
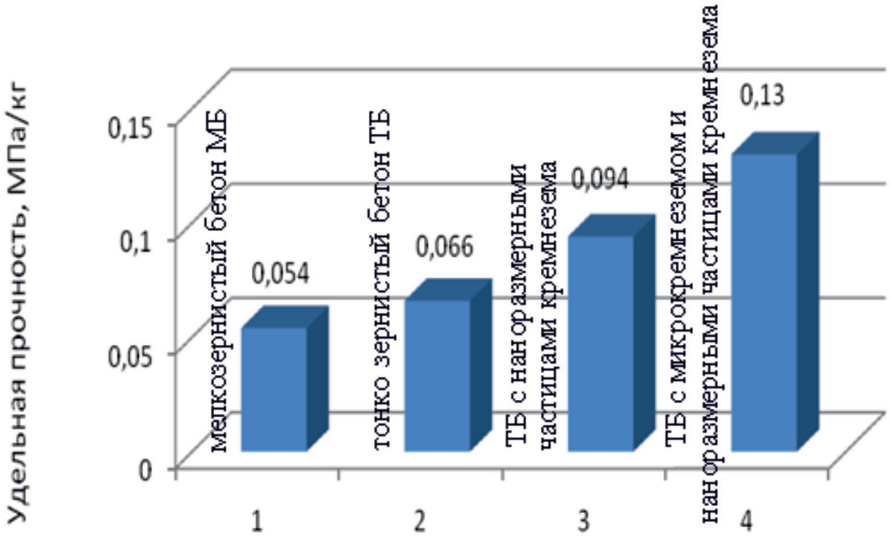



*Рис. 1. Результаты экспериментов с использованием суперпластификатора Gaia*




*а)*




*б)*

*Рис. 2. а) Результаты экспериментов по влиянию микрокремнезема и нанокремнезема на прочность при сжатии; б) Результаты экспериментов по влиянию микрокремнезема и нанокремнезема на удельную прочность при сжатии*

Существенное влияние на приращение прочности при сжатии оказывал нано-$SiO_2$, начиная с дозы 5%: в возрасте 1 день наблюдали рост прочности по сравнению с контролем на 15,1%, в возрасте 3 дня – на 21,1%, в возрасте 7 дней – на 5,4%, в возрасте 28 дней – на 10,6%. Особенно сильно эффект приращения прочности при сжатии был выражен при дозе нано-$SiO_2$ 10%: в возрасте 1 день – 116,7%, в возрасте 3 дня – на 75,6%, в возрасте 7 дней – на 76,6%, в возрасте 28 дней – на 86,9%. При дозах нано-$SiO_2$ 1% и 3% было снижение прочности по сравнению с контролем. Полученные данные обработаны по методу регрессионного анализа, и установлено, что зависимость прочности при сжатии C (МПа) от возраста t (сутки) для разных доз нано-$SiO_2$ с хорошей точностью аппроксимируется логарифмической зависимостью:

$C(t) = 10{,}704 \cdot \ln(t) + 13{,}259$ ($R^2 = 0{,}9887$) – для контрольного образца;

$C(t) = 7{,}4463 \cdot \ln(t) + 13{,}183$ ($R^2 = 0{,}9859$) – для дозы нано-$SiO_2$ 1%;

$C(t) = 8{,}9174 \cdot \ln(t) + 14{,}293$ ($R^2 = 0{,}9981$) – для дозы нано-$SiO_2$ 3%;

$C(t) = 10{,}795 \cdot \ln(t) + 14{,}939$ ($R^2 = 0{,}9964$) – для дозы нано-$SiO_2$ 5%;

$C(t) = 17{,}128 \cdot \ln(t) + 23{,}643$ ($R^2 = 0{,}9873$) – для дозы нано-$SiO_2$ 10%.

Высокопрочный бетон можно изготовить при более высокой доле комбинированных нанодобавок: ввод золя кремнезема (0,43–0,48 мас.% по бетону) плотностью 1014 г/дм$^3$, pH = 5,0–6,0 с содержанием $SiO_2$ 26–27 г/дм$^3$ совместно с органоминеральной нанодобавкой (0,43–0,48 мас.%) повышает прочность бетона на 42% и водонепроницаемость на 2 ступени [3].

Для создания высокопрочного бетона может использоваться решение [4], предполагающее применение добавки «ДЭЯ-М», а также решение [5], предполагающее в качестве добавки калий железистосинеродистый $K_4Fe(CN)_6$. В возрасте 28 сут прочность бетона при сжатии возрастает на 31%.

Известно инновационное решение использования поглощения раствора кремнезоля твердеющими цементными изделиями [6], содержащие: цемент, песок, в качестве кремнезоля был использован его промышленный образец (1,5; 3; 4; 5; 6; 7,5; 9 мас.%), с размером частиц 12 нм. Эксперимент осуществляли погружением образцов в растворы кремнезоля разных концентраций на глубину 10 мм. При этом выяснялась рациональная концентрация раствора, время твердения образцов перед погружением, продолжительность выдержки в растворе по критерию прочности при сжатии в 28-суточном возрасте нормального твердения; испытывались образцы размерами 4×4×16 и 10×10×10 см. Также определяли количество поглощённого кремнезоля на 1 м$^3$ изделия.

Эксперименты показали следующее. Наилучшие результаты прочности при сжатии оказались при использовании 1,5%-ного раствора кремнезоля (приращение 74%), с которым взаимодействуют образцы 3-суточного предварительного твердения в нормальных условиях при времени выдержки в растворе, равном 10 ч. С учётом поглощённой массы раствора и концентрации кремнезоля было рассчитано количество поглощённого кремнезоля – 0,24 кг/м$^3$. Недостатком данного технического решения является невозможность применения в производстве крупногабаритных строительных изделий для повышения прочности при сжатии.

Одно из отличий предлагаемого нами подхода от способов и [7] заключается в том, что нами предложено применение в качестве наномодификатора концентрированного золя с содержанием $SiO_2$ в диапазоне l00–300 г/дм$^3$ и выше, что предполагает замещение гораздо меньшего количества воды затворения. Подобный подход обеспечивает повышение прочности в проектном возрасте (28 суток), а также повышение скорости набора прочности (1 сутки твердения).

## Заключение

1. Гидротермальный нанодиоксид кремния применим для повышения скорости набора прочности бетона, конечной прочности при сжатии и снижения количества традиционных ингредиентов для изготовления бетона.

Высокая удельная поверхность наночастиц (до 500–1000 м$^2$/г) обуславливает повышенную химическую активность и ускорение образования гидратов силикатов кальция.

2. Активность микрокремнезема в отношении повышения прочности бетона при сжатии проявляется при расходах по $SiO_2$ в 10–100 раз больших, чем расход нанокремнезема для достижения сопоставимого эффекта по приращению прочности.

3. При применении золя нанокремнезема наряду с увеличением прочностных показателей возможны дополнительные эффекты действия: повышение морозостойкости, звуковой изоляции, гидроизоляции, долговечность, экономия цемента.

## Список литературы

1. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete – A review // Construction and Building Materials. 2010. No. 24. P. 2060–2071.

2. Beaudoin J., Raki L., Alizadeh R. A $^{29}$Si MAS NMR study of modified C–S–H nanostructures // Cem. Concr. Compos. 2009. V. 31(8). P. 585–590.

3. Jennings H.M. Refinements to colloid model of C–S–H in cement: CM-II // Cem. Concr. Res. 2008. V. 38(3). P. 275–289.

4. Bordallo H.N., Aldridge L.P., Desmedt A. Water dynamics in hardened ordinary Portland cement paste or concrete: from quasielastic neutron scattering // J. Phys. Chem. 2006. V. 110(17). P. 966–976.

5. Фрейденберг А.С. Коллоидный раствор золя кремневой кислоты – новый вид связующего в покрытиях для защиты литейных форм при разливке стали / А.С. Фрейденберг, Н.В. Хворов, Г.М. Лалетин, Т.В. Ребрина [и др.] // Получение и применение гидрозолей кремнезема. Труды Московского химико-технологического института им. Д.И. Менделеева. Вып. 107. – М.: Изд-во МХТИ им. Менделеева Д.И., 1979. – С. 85–94.

6. Nazari A., Riahi H. The effects of $ZrO_2$ nanoparticles on physical and mechanical properties of high strength self compacting concrete // Materials Research. 2010. V. 13. No. 4. P. 1–13.

7. Nazari A., Riahi H. Effects of CuO nanoparticles on compressive strength of self-compacting concrete // Sadhana. V. 36. Part 3. June 2011. P. 371–391.

УДК 628.544:631.879.42:579.63

# ИЗМЕНЧИВОСТЬ КОНЦЕНТРАЦИИ КСЕНОБИОТИКОВ И МИКРОБИОЦЕНОЗА В КОМПОСТИРУЕМОМ СУБСТРАТЕ «ТВЕРДЫЕ БЫТОВЫЕ ОТХОДЫ + АКТИВИРОВАННЫЙ УГОЛЬ»

**[1]Джамалова Г.А., [1]Мусина У.Ш., [2]Еликбаев Б.К., [1]Джолдыбаева С.М., [1]Дюсебева И.А., [1]Рисбекова Г.М., [1]Кайдарова Г.Е., [1]Капар А.Т.**

*[1]Казахский национальный исследовательский технический университет имени К.И. Сатпаева, Алматы, e-mail: j.ga@bk.ru;*

*[2]Казахский национальный аграрный университет, Алматы*

Приводятся результаты экспериментальных исследований по изучению физико-химической и микробиологической трансформации компостируемого субстрата «Твердые бытовые отходы (ТБО) + активированный уголь» в зависимости от стадии развития фаз компостирования. Температура развития компостируемого субстрата: 17–20 °С (лаг-фаза); 25–30 °С (мезофильная фаза, фаза созревания); до 60 °С (термофильная фаза). Для улучшения аэрации компостируемый субстрат перемешивали через каждые 10–15 дней. Для поддержания влажности на уровне 50–55 % через 48–72 ч (после каждого перемешивания) добавляли стерильную дистиллированную воду комнатной температуры в объеме 10–20 мл. По результатам химического анализа определено, что трансформация ксенобиотиков в компостируемом субстрате имеет общую закономерность, проявляющуюся в повышении концентрации ксенобиотиков в трех начальных стадиях развития (лаг, мезофильная, термофильная) и до 90–99 % их снижения в стадии созревания. В целом предлагаемый способ способствует снижению концентрации всех ксенобиотиков, в меньшей степени ртути, кадмия и формальдегида. Предлагаемый способ компостирования ТБО, собранных «навалом», способствует существенному снижению содержания исследуемых ксенобиотиков в зрелой фазе. Труднее удаляются кадмий, формальдегид и ртуть. Снижение содержания кадмия и формальдегида наблюдается в зрелом компосте, но превышает ПДК. И только остаточное содержание ртути лучше в термофильной зоне, чем в зрелом компосте, но также превышает ПДК. Производство биоремедиационного компоста оптимально при использовании активированного угля в количестве 150 г/кг ТБО, что позволяет обеспечить обеззараживание и максимальное снижение концентрации ксенобиотиков.

**Ключевые слова: компостирование, твердые бытовые отходы, ксенобиотики, микробиоценоз, активированный уголь**

# VARIABILITY OF CONCENTRATION OF XENOBIOTICS AND MICROBIOCENOSIS IN COMPOSTING SUBSTRATE «MUNICIPAL SOLID WASTE + ACTIVATED CARBON»

**[1]Dzhamalova G.A., [1]Musina U.Sh., [2]Elikbaev B.K., [1]Dzholdybaeva S.M., [1]Dyusebeva I.A., [1]Risbekova G.M., [1]Kaydarova G.E., [1]Kapar A.T.**

*[1]Kazakh National Research Technical University after K.I. Satpaev, Almaty, e-mail: j.ga@bk.ru;*

*[2]Kazakh National Agrarian University, Almaty*

The results of experimental studies on the physicochemical and microbiological transformation of the compostable substrate «Solid waste (MSW) + activated carbon» depending on the stage of composting phases development are presented. The temperature of development of the compostable substrate: 17-20 °C (lag phase); 25-30 °C (mesophilic phase, maturation phase); to 60 °C (thermophilic phase). To improve aeration, the compostable substrate was stirred every 10-15 days. To maintain humidity at the level of 50-55 % after 48-72 hours (after each mixing), sterile distilled water of room temperature in the amount of 10-20 ml was added.according to the results of chemical analysis, it was determined that the transformation of xenobiotics in the compostable substrate has a General pattern, manifested in an increase in the concentration of xenobiotics in the three initial stages of development (lag, mesophilic, thermophilic) and up to 90-99 % of their reduction in the maturation stage. In General, the proposed method helps to reduce the concentration of all xenobiotics, to a lesser extent mercury, cadmium and formaldehyde. The proposed method of composting MSW collected in bulk contributes to a significant reduction in the content of the studied xenobiotics in the Mature phase. Cadmium, formaldehyde and mercury are more difficult to remove. Reduction of cadmium and formaldehyde is observed in Mature compost, but exceeds MPC. And only the residual mercury content is better in the thermophilic zone than in Mature compost, but also exceeds the MPC. Production of bioremediation compost is optimal when using activated carbon in the amount of 150 g / kg of solid waste, which allows for disinfection and a maximum reduction in the concentration of xenobiotics.

**Keywords: composting, municipal solid waste, xenobiotic, microbiocenosis, activated carbon**

Применение углеродсодержащих биоактиваторов является одним из новых подходов в технологии биокомпостирования комплексно собранных твердых бытовых отходов. В качестве эталонного углеродсодержащего биоактиватора использован активированный уголь, влияющий на изменчивость концентрации ксенобиотиков и микробиоценоза в компостируемом субстрате «твердые бытовые отходы + активированный уголь» и необходимый, в дальнейшем, для сравнения с поведением углеродсодержащих биоактиваторов природного происхождения.

**Таблица 1**

Химический состав компостируемого композита «ТБОмо + активированный уголь» во времени

| № п/п | Наименование | Начало эксперимента | | | Фазы компостирования | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Лаг | | | Мезофильная | | | Термофильная | | | Созревания | | |
| | | № 1 | № 2 | № 3 | № 1 | № 2 | № 3 | № 1 | № 2 | № 3 | № 1 | № 2 | № 3 | № 1 | № 2 | № 3 |
| 1 | Хром | 0,36 | 0,16 | 0,09 | 0,16 | 0,15 | 0,27 | 0,17 | 0,28 | 0,32 | 0,74 | 2,3 | 2,8 | 0,03 | 0,03 | 0,03 |
| 2 | Ртуть | 52,9 | 88,3 | 62,1 | 165,9 | 105 | 146 | 320 | 392 | 448 | 10 | 15 | 26 | 70 | 80,8 | 74,3 |
| 3 | Бор | 7,8 | 19,1 | 8,8 | 19,4 | 17,4 | 32,4 | 19,8 | 32,2 | 36,8 | 18,6 | 61 | 134 | 3,6 | 3,3 | 3,3 |
| 4 | Кадмий | 47,2 | 102,3 | 55,4 | 145,1 | 112,3 | 183,3 | 115,8 | 175,3 | 194,4 | 106,8 | 245 | 470 | 23,8 | 22,3 | 21,1 |
| 5 | Цинк | 0,08 | 0,70 | 0,43 | 0,94 | 0,73 | 1,25 | 0,77 | 1,20 | 1,32 | 1,62 | 5,7 | 6,6 | 0,16 | 0,14 | 0,14 |
| 6 | Кобальт | 0,67 | 1,55 | 0,89 | 1,52 | 1,44 | 2,66 | 1,65 | 2,66 | 3,14 | 1,62 | 4,8 | 7,8 | 0,31 | 0,28 | 0,28 |
| 7 | Молибден | 21,4 | 1,59 | 25,7 | 2,58 | 2,43 | 4,41 | 50,9 | 63,4 | 70,4 | 47 | 127 | 172 | 0,52 | 0,47 | 0,46 |
| 8 | Свинец | 3,5 | 6,1 | 4,2 | 13,8 | 9 | 12,9 | 7,8 | 9,5 | 10,6 | 254 | 670 | 1020 | 2 | 2 | 1,8 |
| 9 | Селен | 1,05 | 1,88 | 1,29 | 4,08 | 2,75 | 3,99 | 2,41 | 2,92 | 3,34 | 2,70 | 4,7 | 7,6 | 0,57 | 0,57 | 0,51 |
| 10 | Алюминий | 0,48 | 1,13 | 0,54 | 1,59 | 1,18 | 1,98 | 1,20 | 1,71 | 2,05 | 1,09 | 2,96 | 5,86 | 0,24 | 0,22 | 0,21 |
| 11 | Барий | 50 | 99 | 60 | 188 | 123 | 191 | 119 | 162 | 180 | 110 | 290 | 660 | 29 | 28 | 26 |
| 12 | Марганец | 4,77 | 171,6 | 5,91 | 18,3 | 18,9 | 27,4 | 19,7 | 26,7 | 33,4 | 12,8 | 25,9 | 39,8 | 0,08 | 0,08 | 0,07 |
| 13 | Медь | 0,81 | 9,36 | 0,94 | 2,74 | 1,95 | 3,02 | 1,91 | 2,66 | 2,98 | 1,71 | 4,9 | 6,62 | 0,40 | 0,38 | 0,35 |
| 14 | Никель | 0,79 | 39,2 | 0,95 | 2,75 | 1,92 | 2,88 | 1,82 | 2,57 | 2,80 | 1,64 | 5,15 | 6,36 | 0,40 | 0,39 | 0,36 |
| 15 | Нитрат | 37 | 1,5 | 48,1 | 214,4 | 132,2 | 283,1 | 132,6 | 251,7 | 193,4 | 63 | 280 | 256 | 0,11 | 0,1 | 0,1 |
| 16 | Фосфат | 0,09 | 0,23 | 0,13 | 0,16 | 0,19 | 0,42 | 0,25 | 0,45 | 0,57 | 0,27 | 1,46 | 1,38 | 0,04 | 0,04 | 0,04 |
| 17 | Хлорид | 1105 | 2289 | 1382 | 2380 | 2210 | 3977 | 2485 | 4065 | 4634 | 36,2 | 49 | 54 | 476 | 424 | 424 |
| 18 | Железо общ. | 1,31 | 2,9 | 1,56 | 4,18 | 3,18 | 5,26 | 3,28 | 4,76 | 5,46 | 1,57 | 3 | 6,32 | 0,67 | 0,63 | 0,59 |
| 19 | Сульфат | 32 | 59 | 39 | 116 | 78 | 113 | 72 | 94 | 108 | 64 | 160 | 240 | 16 | 16 | 14 |
| 20 | Формальдегид | 153 | 328 | 188 | 320 | 307 | 569 | 352 | 569 | 670 | 352 | 1310 | 1500 | 66 | 59 | 59 |

Примечание. * 1 – «ТБОмо + активированный уголь» 50 г/кг; 2 – «ТБОмо + активированный уголь» 100 г/кг; 3 – «ТБОмо + активированный уголь» 150 г/кг.

Объект исследования: твердые бытовые отходы (ТБО), собранные «навалом».

Цель исследования: изучение изменчивости концентрации ксенобиотиков и микробиоценоза в компостируемом субстрате «ТБО + активированный уголь» во времени развития фаз компостирования.

Компостирование проводили по методике, изложенной в ГОСТ Р 55571-2013 [1] и ТУ 9819-001-0165424850-2010 [2]. Химический метод исследования проводили согласно ГОСТ Р 53218-2008 [3], микробиологические – согласно ГОСТ 17.4.4.02-84 [4] на экспериментальной базе КазНИТУ им. К.И. Сатпаева.

Температура развития компостируемого субстрата: 17–20 °С (лаг-фаза); 25–30 °С (мезофильная фаза, фаза созревания); до 60 °С (термофильная фаза). Для улучшения аэрации компостируемый субстрат перемешивали через каждые 10–15 дней. Для поддержания влажности на уровне 50–55 % через 48–72 ч (после каждого перемешивания) добавляли стерильную дистиллированную воду комнатной температуры в объеме 10–20 мл [5, 6].

Протокол загрузки контейнера: 61 % пищевые отходы, 10 % бумага, 4 % пластик, 6 % стекло, 2 % металл и 17 % другое. Перед компостированием компоненты ТБО подверглись дроблению и измельчению.

В зависимости от используемого количества активированного угля (аптечного) в модельном образце ТБО (ТБОмо) были проведены три варианта опыта: № 1 – использовано 50 г; № 2 – 100 г и № 3 – 150 г активированного угля на 1 кг ТБО.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Изучение физико-органолептических свойств компостируемого субстрата «ТБОмо + активированный уголь» показало, что в процессе развития субстрат трансформируется по цвету от серо-коричневого до темно-коричневого, по запаху – от тухлого до специфического земляничного и по агрегатному состоянию – от грубодисперсного до мелкокомкообразного.

Изменение концентрации ксенобиотиков по стадиям развития компостируемого субстрата «ТБОмо + активированный уголь» (водная вытяжка) в трех вариантах опыта исследовалось для следующих веществ: опыт № 1 – хром, ртуть; № 2 – бор, кадмий, цинк, кобальт, молибден, свинец, селен и формальдегид; 3 – алюминий, барий, марганец, медь, никель, нитрат, фосфат, хлорид, железо общее, сульфат (табл. 1).

Как видно из табл. 1, интерес представляют ксенобиотики, превышающие ПДК в ТБОмо перед началом эксперимента. К таким ксенобиотикам, как показали результаты химического анализа, относят из веществ I класса опасности – ртуть; II – кадмий, молибден и формальдегид; III – медь, никель и хлориды.

*Изучение изменения концентрации ртути* в зависимости от варианта опыта и стадии развития показало, что перед началом эксперимента содержание ртути составило: в опыте № 1 – 25,19 ПДК; № 2 – 42,5 ПДК; № 3 – 29,57 ПДК.

В процессе прохождения двух фаз развития, лаг и мезофильной, происходит повышение концентрации:

а) *лаг-фаза*: в опыте № 1 – на 214 % (79 ПДК); № 2 – 19 % (50 ПДК); № 3 – 135 % (69,52 ПДК);

б) *мезофильная фаза*: № 1 – на 93 % (152,38 ПДК); № 2 – 273 % (186,67 ПДК); № 3 – 207 % (213,33 ПДК).

После стадии термофильного развития по отношению к мезофильной фазе для ртути наблюдается снижение концентрации: в опыте № 1 – на 97 % (4,76 ПДК); в № 2 – на 96 % (7,14 ПДК); в № 3 – на 94 % (12,38 ПДК). В зрелом компосте концентрация ртути по сравнению с фазой термофильного развития повышается на 600 %, 439 % и 186 % соответственно, а по сравнению с началом эксперимента повышается на 24,4 % (33,33 ПДК) в опыте № 1; на 16,4 % (35,38 ПДК) в опыте № 3; снижается на 8,5 % (38,48 ПДК) в опыте № 2.

Следовательно, активированный уголь не обеспечил должного снижения концентрации ртути в зрелом компосте во всех трех вариантах опыта, однако в термофильной фазе получены наилучшие показатели снижения концентраций ртути.

*Изучение изменения концентрации кадмия и формальдегида* в зависимости от варианта опыта и стадии развития показало, что перед началом эксперимента содержание кадмия составило: 23,6 ПДК в опыте № 1; 1,15 ПДК – в № 2; 27,7 ПДК – в № 3, а формальдегида соответственно 21,86 ПДК, 46,86 ПДК и 26,86 ПДК. После стадии лаг-фазы развития по отношению к первоначальным данным по кадмию наблюдается повышение концентрации на 207 % (72,55 ПДК), 10 % (56,15 ПДК) и 231 % (91,65 ПДК) соответственно, тогда как по формальдегиду повышение концентрации отмечается в первом и третьем опыте на 109 (45,71 ПДК) и 203 % (81,29 ПДК) и незначительное снижение концентрации на 6 % (43,86 ПДК) во втором опыте. После стадии мезофильного развития по сравнению с лаг-фазой концентрация кадмия уменьшается в первом опыте на 20 % (57,9 ПДК) и уве-

личивается во втором на 56% (87,65 ПДК) и в третьем – на 6% (97,2 ПДК), тогда как по формальдегиду увеличивается во всех опытах на 10 (50,29 ПДК), 85 (81,29 ПДК) и 18% (95,71 ПДК) соответственно. После стадии термофильного развития по отношению к мезофильной фазе для кадмия наблюдается снижение концентрации на 8% (53,4 ПДК) в первом опыте и увеличение на 40% (122,5 ПДК) во втором и на 142% (235 ПДК) в третьем опыте, тогда как концентрация формальдегида в первом опыте остается без изменения, а во втором и третьем увеличивается на 130 (187,14 ПДК) и 124% (214,29 ПДК) соответственно.

После стадии созревания концентрация кадмия и формальдегида по сравнению:

– с фазой термофильного развития снижается по кадмию на 78% в первом, 91% во втором и 96% в третьем опыте и по формальдегиду – на 81, 95 и 96% соответственно;

– с началом эксперимента снижается по кадмию на 49,6% (11,9 ПДК), 78,2% (11,15 ПДК) и 61,9% (10,55 ПДК) и по формальдегиду на 56,9% (9,43 ПДК), 82% (8,43 ПДК) и 68,6% (8,43 ПДК) соответственно.

Следовательно, снижение концентрации кадмия и формальдегида наблюдается в зрелом компосте, причем наибольшее снижение концентрации кадмия наблюдаем в опыте № 3, формальдегида в опыте № 2.

*Изучение изменения концентрации молибдена* показало, что превышение концентрации перед началом эксперимента было зафиксировано в опыте № 1 (4,28 ПДК) и № 3 (5,14 ПДК). После стадии лаг-фазы происходит снижение концентрации на 88% (0,52 ПДК) и 83% (0,88 ПДК), но после мезофильного развития химический анализ показал, что концентрация повысилась на 1873% (10,18 ПДК) и 1496% (14,08 ПДК) соответственно. На последующих стадиях развития опыта № 1, термофильном и созревании, происходит планомерное снижение концентрации вначале на 8% (9,4 ПДК), затем на 99% (0,104 ПДК), тогда как в опыте № 3 в термофильной фазе концентрация продолжает увеличиваться на 144% (34,4 ПДК) и на стадии созревания уменьшается на 99% (0,092 ПДК). Следовательно, концентрация молибдена в зрелом компосте снижается по отношению к полученным результатам перед экспериментом на 99,5 и 99,8% соответственно.

Таким образом, в присутствии активированного угля в стадии созревания концентрация молибдена в компостируемом субстрате существенно снижается.

*Поведение меди и никеля* в компостируемом субстрате было идентичным молибдену. Так, превышение ПДК перед началом было зарегистрировано только в опыте № 2 (по меди 3,12 ПДК, по никелю 9,8 ПДК), далее в процессе развития происходит снижение концентрации, и в пробах зрелого компоста превышение ПДК для исследуемых элементов уже не обнаруживается.

*По хлоридам* превышение ПДК фиксируется перед началом эксперимента по всем вариантам опыта (1,97–4 ПДК), но в процессе созревания происходит снижение концентрации до уровня 0,8 ПДК.

Полученные результаты по химическому анализу компоста, произведенного из ТБО, указывают на то, что предлагаемый способ способствует снижению концентрации всех ксенобиотиков в зрелой фазе. Труднее удаляются кадмий, формальдегид и ртуть. Снижение содержания кадмия и формальдегида все же наблюдается в зрелом компосте, но превышает ПДК. И только остаточное содержание ртути лучше в термофильной зоне, чем в зрелом компосте, но также превышает ПДК.

По результатам химического анализа можно заключить, что трансформация ксенобиотиков в компостируемом субстрате во времени имеет общую закономерность, проявляющуюся в повышении концентрации в трех начальных стадиях развития (лаг, мезофильная, термофильная) и в резком снижении концентрации ксенобиотиков до 90–99% в стадии созревания.

*Особенности трансформации микробиоценоза.* Данные по изучению особенностей трансформации микробиоценоза в компостируемом субстрате «ТБОмо + активированный уголь» во времени в зависимости от количества используемого активированного угля представлены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, обсемененность общим микробным числом для компостируемых субстратов «ТБОмо + активированный уголь, 150 г/кг» и «ТБОмо + активированный уголь, 100 г/кг» почти для всех фаз развития находится на четвертом уровне разведения, тогда как для компостируемого субстрата «$ТБО_{мо}$ + активированный уголь, 50 г/кг» – балансирует поочередно по фазам развития на границе трех уровней разведения: от четвертого до шестого.

При сравнении с контрольной группой [7] видим, что обсемененность по ОМЧ в опытной группе с седьмого уровня разведения снижается в последующих стадиях сначала до шестого (мезофильная и термофильная фаза развития), а затем – до пятого уровня разведения (стадия созревания).

Кроме того, следует отметить, что изменчивость по обсемененности для контрольной группы относительно высоковариабельна (45–124%), тогда как для опытной группы – наибольшая изменчи-

вость (141,4%) зафиксирована в опыте «моТБО + активированный уголь, 50 г/кг» на стадии созревания.

Как видно из табл. 2, наилучший по санитарному состоянию результат получен в третьем опыте, так как уже после стадии термофильного развития рост колоний колиморфных бактерий на плотном питательном агаре не был обнаружен. Для первого и второго опыта и контрольной группы [7] обнаружено присутствие колиморфных бактерий и после стадии созревания.

Следовательно, можно заключить, что добавление в компостируемый субстрат активированного угля в количестве 150 г/кг благоприятно, наравне с высокой температурой, влияет на процесс его обеззараживания.

Обсемененность актиномицетами отмечена в опыте № 2 только в фазе логарифмического роста. На других стадиях развития роста колоний актиномицетов на плотном питательном агаре не было зафиксировано.

Обсемененность микромицетами наблюдали на уровне третьего разведения в фазу лаг развития для опытов № 1 и 3, в опыте № 2 активность микромицетов на уровне третьего разведения была зафиксирована только перед началом постановки опыта. При этом коэффициент вариации для исследуемых таксонов не превышал 38% в опыте № 1 и составил 141,4% в опыте № 2. В последующих стадиях развития компостируемого субстрата во всех вариантах опыта рост колоний на плотном питательном агаре отсутствовал.

При сравнении с контрольной группой [7] можно отметить, что обсемененность по микромицетам и актиномицетам в опытной группе уступала контрольной.

## Заключение

Предлагаемый способ компостирования ТБО, собранных «навалом», способствует существенному снижению содержания исследуемых ксенобиотиков в зрелой фазе. Труднее удаляются кадмий, формальдегид и ртуть. Снижение содержания кадмия и формальдегида наблюдается в зрелом компосте, но превышает ПДК. И только остаточное содержание ртути лучше в термофильной зоне, чем в зрелом компосте, но также превышает ПДК.

**Таблица 2**

Трансформация микробиоценоза в компостируемом субстрате «ТБОмо + активированный уголь» во времени

| Таксон | $_{мо}$ТБО + активированный уголь | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | 50 г/кг | | 100 г/кг | | 150 г/кг | |
| | $\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$ КОЕ/г | $C_v$,% | $\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$ КОЕ/г | $C_v$,% | $\bar{X} \pm m_{\bar{X}}$ КОЕ/г | $C_v$,% |
| Начало эксперимента | | | | | | |
| ОМЧ | $(1,7 \pm 0,8)x10^6$ | 16 | $(1,3 \pm 0,7)x10^5$ | 27 | $(1,4 \pm 0,8)x10^6$ | 41 |
| Колиморфные бактерии | $(3,8 \pm 0,6)x10^5$ | 7 | $(3,3 \pm 0,6)x10^4$ | 8 | $(1,2 \pm 0,8)x10^5$ | 141 |
| Актиномицеты | $(0,2 \pm 0,1)x10^4$ | 47 | $(1,1 \pm 0,5)x10^3$ | 141 | $(0,25 \pm 0,01)x10^3$ | 85 |
| Микромицеты | $(1,1 \pm 0,4)x10^3$ | 39 | $(1,9 \pm 0,2)x10^3$ | 11 | $(1,8 \pm 0,3)x10^3$ | 16 |
| Лаг фаза | | | | | | |
| ОМЧ | $(7,3 \pm 1,3)x10^4$ | 19 | $(1,5 \pm 5,9)x10^6$ | 39 | $(5 \pm 2,5)x10^4$ | 51 |
| Колиморфные бактерии | $(8,8 \pm 1,1)x10^4$ | 13 | $(1,3 \pm 1,1)x10^4$ | 9 | $(1,3 \pm 2,3)x10^4$ | 18 |
| Актиномицеты | – | – | $(0,1 \pm 0,01)x10^3$ | 141 | – | – |
| Микромицеты | $(0,9 \pm 0,6)x10^3$ | 67 | – | – | $(0,2 \pm 0,1)x10^3$ | 141 |
| Мезофильная фаза | | | | | | |
| ОМЧ | $(0,65 \pm 0,07)x10^5$ | 11 | $(7,4 \pm 0,85)x10^4$ | 11 | $(3,9 \pm 0,8)x10^4$ | 98 |
| Колиморфные бактерии | $(5,2 \pm 0,57)x10^3$ | 11 | $(11,2 \pm 1,13)x10^4$ | 10 | $(18 \pm 2,8)x10^3$ | 16 |
| Термофильная фаза | | | | | | |
| ОМЧ | $(13,7 \pm 1,27)x10^5$ | 9 | $(18,4 \pm 2,26)x10^4$ | 12 | $(6,2 \pm 1,9)x10^4$ | 31 |
| Колиморфные бактерии | $(0,05 \pm 0,07)x10^3$ | 141 | – | – | $(0,1 \pm 0,07)x10^3$ | 141 |
| Фаза созревания | | | | | | |
| ОМЧ | $(0,1 \pm 0,14)x10^4$ | 141 | $(2,6 \pm 0,92)x10^4$ | 35 | $(4,6 \pm 0,28)x10^5$ | 6 |
| Колиморфные бактерии | $(0,2 \pm 0,28)x10^2$ | 141 | $(0,15 \pm 0,21)x10^3$ | 141 | – | – |

Производство биоремедиационного компоста наиболее оптимально при использовании активированного угля в количестве 150 г/кг ТБО.

### Список литературы

1. ГОСТ Р 55571-2013. Удобрения органические на основе твердых бытовых отходов. Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200105940 (дата обращения: 11.05.2018).

2. ТУ 9819-001-0165424850-2010. Вермикомпост (Биогумус). Технические условия [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/415949765 (дата обращения: 11.05.2018).

3. ГОСТ Р 53218-2008. Удобрения органические. Атомно-абсорбционный метод определения содержания тяжелых металлов [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200073052 (дата обращения: 11.05.2018).

4. ГОСТ 17.4.4.02-84. Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200005920 (дата обращения: 11.05.2018).

5. Вайсман Я.И. Компостирование твердых органических отходов производства и потребления: вермикомпостирование. – Пермь: Изд-во Пермского государственного технического университета, 2010. – 556 с.

6. Байтелова А.И. Промышленная экология: учебное пособие. Ч. 1. / А.И. Байтелова, М.Ю. Гарицкая, О.В. Чекмарева. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2010. – 145 с.

7. Гарабаджиу А.В., Джамалова Г.А., Джолдыбаева С.М., Свирко Е.А. Изменчивость ксенобиотической активности и микробиоценоза в компостируемом композите «твердые бытовые отходы» // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3.; URL: https://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24633 (дата обращения: 11.05.2018).

УДК 004:303.732.4

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ ПОДДЕРЖКА ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В СИСТЕМЕ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ФОРМИРОВАНИЯ ОПТИМАЛЬНОГО ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОТЛИВОК ИЗ ЧУГУНА

**[1]Корнеев А.М., [1]Бузина О.П., [1]Суханов А.В., [2]Галай И.Г.**

*[1]ФГБОУ ВО «Липецкий государственный технический университет», Липецк, e-mail: weenrok@mail.ru;*
*[2]ООО «Липецкая трубная компания «Свободный Сокол», Липецк, e-mail: galaj_ig@svsokol.ru*

Настоящая работа посвящена совершенствованию методов системного анализа в приложении к формированию сплавов чугуна, в металлической матрице которых имеются композитные включения – графит, феррит, перлит и аустенит. Разработка специальных математических моделей и алгоритмов для осуществления интеллектуальной поддержки принятия решений в системе управления процессом формирования химического состава таких чугунов является актуальной современной задачей. Цель проведенных автором исследований – разработка системы принятия решений на основе системной методологии с использованием методов нечеткой логики, регрессионного анализа, алгоритмов стохастического поиска для оптимизации процессов формирования химического состава чугунных сплавов, свойства которых удовлетворяли бы заданным критериям качества: твердости по Бринеллю, прочности, относительной износостойкости и удельной теплоемкости. Для решения поставленной задачи авторами использовался системный подход: выделены системообразующие свойства отливок из чугуна, определены основные этапы системного исследования, построена структура системы принятия решений, описано пространство состояния объекта управления в системе, сформированы задачи применяемых в системе функционалов, разработаны математические модели с использованием регрессионного анализа, построены информационные связи между отдельными модулями системы, произведена фаззификация входных параметров, предложены модифицированные алгоритмы стохастического поиска на дискретном пространстве для решения задачи оптимизации химических составов отливок из чугуна. На основе разработанных методов разработано программное обеспечение для решения задач повышения качества выпускаемой продукции производственного предприятия ООО «Липецкая трубная компания «Свободный Сокол», которое специализируется на выпуске труб различного назначения из различных сортов чугуна. В настоящее время программное обеспечение проходит апробацию в лаборатории предприятия, пополняется база правил принятия решений, совершенствуются аналитические зависимости, отражающие связь между значимыми физико-механическими характеристиками сплавов, – прочности, твердости, износостойкости, – и процентным содержанием отдельных химических элементов.

**Ключевые слова: система управления, состояние объекта управления, принятие решений, химический состав, сплав, нечёткая логика, регрессия, стохастический поиск**

# INTELLIGENT SUPPORT FOR DECISION-MAKING IN THE CONTROL SYSTEM IN PROCESS FORMATION THE OPTIMAL CHEMICAL COMPOSITION OF CASTINGS FROM THE IRON

**[1]Korneev A.M., [1]Buzina O.P., [1]Sukhanov A.V., [2]Galay I.G.**

*[1]Federal State Educational Institution of Higher Education Lipetsk State Technical University, Lipetsk, e-mail: weenrok@mail.ru;*
*[2]OOO «Lipetsk Pipe Company «Svobodniy Sokol», Lipetsk, e-mail: galaj_ig@svsokol.ru*

The present work is devoted to improving the methods of system analysis in the application to the formation of alloys of cast iron, in the metallic matrix of which there are composite inclusions – graphite, ferrite, perlite and austenite. The development of special mathematical models and algorithms for the implementation of intellectual support for decision-making in the process control system for the formation of the chemical composition of such cast irons is an urgent modern task. The purpose of the research conducted by the author is the development of a decision making system based on the system methodology using fuzzy logic methods, regression analysis, stochastic search algorithms for optimization of the process of forming the chemical composition of cast iron alloys, whose properties would satisfy the specified quality criteria: Brinell hardness, strength, relative wear resistance and specific heat. To solve the problem, the authors used the system approach: the system-forming properties of the castings from cast iron were identified, the main stages of the system study were identified, the structure of the decision-making system was structured, the control object space in the system was described, the tasks of the functionals applied in the system were formulated, mathematical models were developed using regression analysis , information communications between individual modules of the system have been constructed, the input parameters have been fuzzy, The modified algorithms of stochastic search on a discrete space for solving the problem of optimization of chemical compositions of castings from cast iron are mocked. Based on the developed methods, software was developed to solve the problems of improving the quality of products manufactured by the Lipetsk Pipe Company «Svobodny Sokol» LLC, which specializes in the production of pipes for various purposes from various grades of cast iron. At present, the software is tested in the enterprise's laboratory, the decision-making base is updated, analytical dependencies reflecting the relationship between the significant physicomechanical characteristics of alloys-strength, hardness, wear resistance-and the percentage of individual chemical elements are improved.

**Keywords: control system, state of control object, decision making, chemical composition, alloy, fuzzy logic, regression, stochastic search**

Решение технологических задач с применением системного анализа позволяет рассматривать технологический процесс как сложную систему, в которую входят элементы с различными уровнями дискретности и детализации. Если произ-

водить анализ элементарных процессов в системе отдельно, то в большинстве случаев это не позволит установить соответствующие элементарным процессам стадии технологического процесса (например, изменение соотношения графита и перлита в металлической матрице сплава чугуна, изменение процентного содержания аустенита в сплаве чугуна может происходить сразу на нескольких технологических стадиях; то же может касаться добавления или переноса отдельных веществ и химических элементов при формировании состава материала). Аналогично невозможно судить в общем о технологическом процессе без рассмотрения взаимосвязей между отдельными стадиями процесса и окружающей средой.

Цель исследования: построение системы интеллектуальной поддержки для принятия решений в процессе управления формированием оптимальной структуры (химического состава) отливок из чугуна.

## Материалы и методы исследования

Математические модели сложных процессов в большинстве случаев представляют собой системы уравнений, посредством которых описывают детерминированные законы, которые отражают только общую суть явлений с учётом ограничений и допущений [1, 2]. В реальности процессы протекают в условиях, далёких от идеальных, что приводит к задачам выбора различных коэффициентов и параметров в модели, определяемых экспериментальным путём [3]. Подобный подход успешно ранее применялся при построения систем управления процессом структуризации композиционных материалов [3, 4] и иных сложных производственных систем [5].

Сокращение числа альтернатив выбора химического состава (рецептуры) чугунных сплавов специального назначения (высокопрочных чугунов, белых или серых чугунов) основано на изучении роли составных ингредиентов в формировании интегративных свойств материала как системы. Прочностные, физические и химические свойства сплавов на основе железа и углерода во многом определяются химическим составом и технологией производства, процентным содержанием графитовых и перлитовых фаз в металлической матрице, а также температурой, с которой началось охлаждение чугуна. Высокой степенью зависимости от указанных факторов обладают структурные свойства сплава.

Сплавы чугуна полиструктурны [6], и на разных этапах управления их свойствами необходимо учитывать особенности поведения материала на разных уровнях: субмикроструктурном, микроструктурном и макроструктурном [1, 3]. Для построения системы принятия решений по управлению процессом формирования оптимального химического состава чугуна необходимо выделить характеристики, определяющие свойства сплава на макроуровне. Такими свойствами можно считать прочность, твердость, относительную износостойкость и удельную теплоемкость [3, 6]. В зависимости от наличия у чугунной отливки тех или иных свойств из перечисленных возможно определять состояние объекта управления, – сплава с заданными характеристиками [7].

## Результаты исследования и их обсуждение

Структурная схема системы принятия решений по формированию оптимального химического состава чугунного сплава представлена на рис. 1. Здесь состояния, в которых может находиться система, обозначены символами $S_x$, где индекс $x$ может принимать первые 16 значений в двоичной форме (0001 ... 1111) [8] и расшифровывается следующим образом: на первом месте – твёрдость чугунного сплава по Бринеллю (0 – не удовлетворяет требуемому значению, 1 – удовлетворяет), на втором месте относительная износостойкость отливки, на третьем месте – предельная прочность на растяжение, на четвертом месте – удельная теплоемкость. Например, состояние $S_{1100}$ будет обозначать, что для отливки из чугуна с химическим составом, сформированном в системе управления и принятия решений, требования к твёрдости и относительной износостойкости удовлетворены, однако прочность и удельная теплоёмкость, наоборот, не соответствуют требуемым значениям.

Интеллектуальная поддержка принятия решений осуществляется посредством поэтапного применения к объекту управления функционалов, содержащих алгоритмы и математические модели, которые позволяют оптимизировать свойства и структуру сплавов, содержащих графитовые и перлитовые включения (рис. 1).

Функционал $f_{fuz}$ осуществляет фаззификацию входной информации о требованиях, предъявляемых к отливкам из чугуна, – свойства отливок из чугуна и наиболее вероятная область их применения. Для тех или иных марок чугунов (согласно ГОСТ 7769-82) необходимым является наличие следующих свойств: жаростойкость (ЧХ1, ЧХ2, ЧХ3, и др.), коррозийностойкость в жидких и газовых средах (ЧХ22С, ЧХ28, ЧХ28Д2, ЧНМШ, ЧНДХМШ и др.), износостойкость (ЧХ3Т, ЧХ9Н5, ЧХ16 и др.), стойкость в цинковом расплаве (ЧХ28П), хладостойкость (ЧН20Д2Ш), маломагнитность (ЧГ8Д3, ЧН11Г7Ш и др.). В зависимости от степени необходимости в наличии у сплава того или иного свойства, пользователем автоматизированной системы управления задаются оценки такой необходимости по шкале от 0 до 100. Вероятные области применения отливок из чугуна с формируемым химическим составом определены согласно ГОСТ 7769-82.

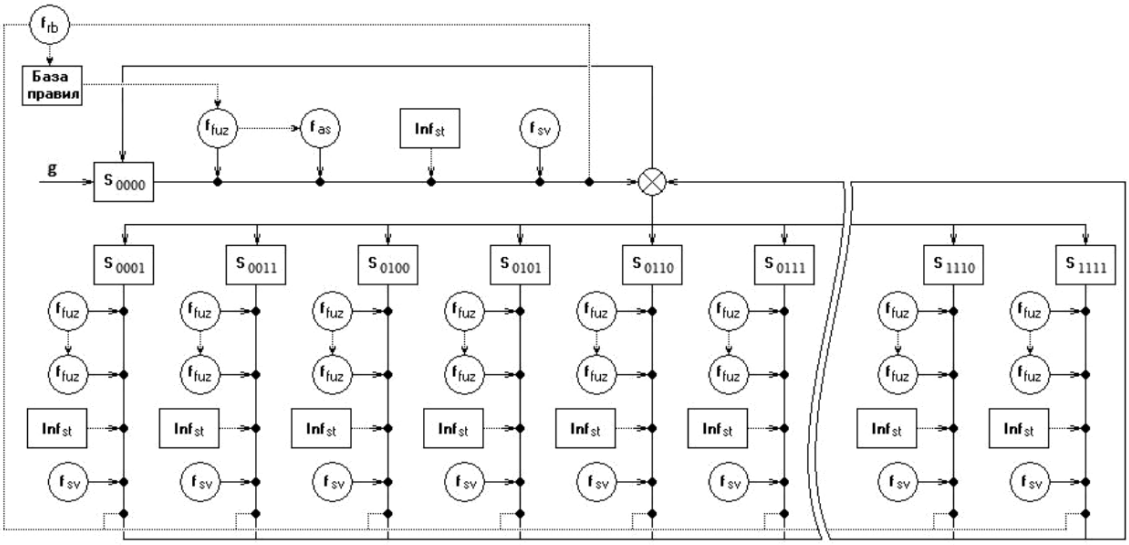



*Рис. 1. Структурная схема системы принятия решений по формированию оптимального химического состава чугунного сплава*

Функционал основывается на следующей нечеткой системе логического вывода с несколькими переменными:

**ЕСЛИ** $x_1$ есть $a_1$, **И** $x_2$ есть $a_2$, ... **И** $x_8$ есть $a_8$, **И** $y_1$ есть $b_1$, ... **И** $y_{19}$ есть $b_{19}$,

**ТО** $z_1$ есть $c_1$ **И** $z_2$ есть $c_2$ ... **И** $z_{13}$ есть $c_{13}$.

Базу правил составляют матрицы $A \in R^{8x26}$, $B \in R^{19x26}$ и $C \in R^{13x26}$, они имеют вид

$$A = \begin{pmatrix} 1 & 0,75 & 0,5 & 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,9 & 1 & 0,7 & 0,4 & 0,2 & 0 & 0 & 0 \\ 0,7 & 0,8 & 1 & 0,5 & 0,4 & 0,2 & 0 & 0 \\ & & & \vdots & & & & \\ 0,8 & 1 & 0,8 & 0,6 & 0,4 & 0,2 & 0 & 0 \\ 0,6 & 0,8 & 1 & 0,8 & 0,6 & 0,4 & 0,2 & 0 \\ 0,4 & 0,6 & 0,8 & 1 & 0,8 & 0,6 & 0,4 & 0,2 \end{pmatrix}, \quad B = \begin{pmatrix} 1 & 0,95 & 0,8 & & 0,2 & 0,1 & 0 \\ 0,95 & 1 & 0,95 & \cdots & 0,25 & 0,2 & 0,1 \\ 0,9 & 0,95 & 1 & & 0,3 & 0,25 & 0,2 \\ & \vdots & & \ddots & & & \\ 0,6 & 0,7 & 0,8 & & 0,5 & 0,6 & 0,7 \\ 0,5 & 0,6 & 0,7 & & 0,3 & 0,4 & 0,5 \\ 0,4 & 0,5 & 0,6 & & 0,2 & 0,3 & 0,4 \end{pmatrix},$$

$$C = \begin{pmatrix} 0,9 & 0,4 & 0,2 & 0,3 & 0,5 & 0,1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0,8 & 0,1 & 0,3 & 0,1 & 0,2 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0,9 & 0 & 0,1 \\ 0,4 & 1 & 0,1 & 0,1 & 0,2 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0,1 & 0 \\ & & & & & \vdots & & & & & & & \\ 0,5 & 0,3 & 0,3 & 0,1 & 0,1 & 1 & 0,3 & 0,3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,1 \\ 0,2 & 0,85 & 0,1 & 0,1 & 0,1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0,9 & 0 & 0 & 0 \\ 0,5 & 0,2 & 0,2 & 0,15 & 0,3 & 0,1 & 0,3 & 0,3 & 0 & 0,3 & 0 & 0 & 0,1 \end{pmatrix}.$$

Всего система содержит 26 базовых правил с возможностью добавления новых правил. Численные значения матриц $A$, $B$ и $C$ задаются на основании анализа данных о химических составах марок чугуна и соответствующих им свойств и областей применения согласно ГОСТ 7769-82. Входной информацией системы является вектор $g \in R^{13}$ ($g_1$, $g_2$, ..., $g_{13}$), содержащий значения процентного содержания для каждого химического элемента чугунного образца выбранной марки. Результатом дефаззификации является вектор $B_{res} \in R^{13}$ ($z_1$, $z_2$, ..., $z_{13}$).

Функционал решает задачу определения границ стохастического поиска оптимальных значений процентного содержания основных химических элементов в составе отливок из чугуна (C, Si, Mn, P, S, Cr, Ni, Cu, V, Mo, Ti, Al, Sb). Значения границ поиска имеют вид

– границы минимальных значений: $\{g_1 - z_1 \quad g_2 - z_2 \quad \dots \quad g_{12} - z_{12} \quad g_{13} - z_{13}\}$;

– границы максимальных значений: $\{g_1 + z_1 \quad g_2 + z_2 \quad \dots \quad g_{12} + z_{12} \quad g_{13} + z_{13}\}$.

Дефаззификация осуществляется агрегацией выходов правил. В качестве оператора агрегации используется *S*-норма (max).

Алгоритм логического вывода состоит из трех этапов:

1. Для всех $i = 1 \dots 26$ определяется значения $\alpha_i$:

$$\alpha_i = \min\left\{\max\left\{imp\left(a_1, A_{i,1}\right)\right\},\dots,\max\left\{imp\left(a_8, A_{i,8}\right)\right\},\max\left\{imp\left(b_1, B_{i,1}\right)\right\},\dots,\max\left\{imp\left(b_{19}, B_{i,19}\right)\right\}\right\}$$

2. Рассчитываются значения матрицы $B_\alpha \in R^{13x26}$:

$$B_\alpha = \begin{pmatrix} \min\{C_{1,1}, \alpha_1\} & \min\{C_{1,2}, \alpha_1\} & \cdots & \min\{C_{1,13}, \alpha_1\} \\ \min\{C_{2,1}, \alpha_2\} & \min\{C_{2,2}, \alpha_2\} & \cdots & \min\{C_{2,13}, \alpha_2\} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \min\{C_{26,1}, \alpha_{26}\} & \min\{C_{26,2}, \alpha_{26}\} & \cdots & \min\{C_{26,13}, \alpha_{26}\} \end{pmatrix}$$

3. Рассчитываются значения результирующего вектора $B_{res} \in R^{13}$:

$$B_{res} = \left\{\max\left\{\min\left\{C_{1,1}, \alpha_1\right\},\dots,\min\left\{C_{26,1}, \alpha_{26}\right\}\right\},\dots,\max\left\{\min\left\{C_{1,13}, \alpha_1\right\},\dots,\min\left\{C_{26,13}, \alpha_{26}\right\}\right\}\right\}.$$

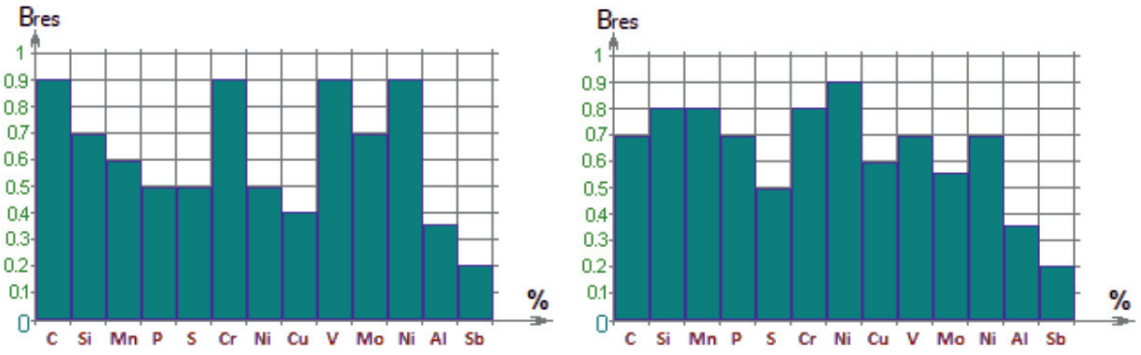
В системе предусмотрен выбор одного из двух видов импликаций (*imp*):

– импликация Мамдани: $x \to y = \min\{x, y\}$;

– импликация Ларсена: $x \to y = xy$.

Вектор $B_{res}$ содержит значения для границ поиска оптимальных значений процентного содержания отдельных химических элементов в сплаве. На рис. 2 представлены в форме диаграмм значения вектора $B_{res}$ для чугунных сплавов марки ЧХ1 (*а*) и ЧН20Д2Ш (*б*).

Функционал $f_{as}$ осуществляющий поиск оптимальных значений процентного содержания отдельных химических элементов в сплаве чугуна (поиск значений осуществляется с помощью методов стохастической оптимизации в многомерном пространстве на основе алгоритма имитации отжига и его модификаций) [9, 10]. Оптимизация производится на определенной и фиксированной области поиска, которая представляет собой гиперпараллелепипед, – границы варьирования процентного содержания химического элемента в сплаве (основан на значениях входного вектора $B_{res}$). В системе принятия решений реализовано десять модификаций алгоритма имитации отжига, позволяющие за конечное число шагов сделать оценку оптимального значения входных элементов исследуемой функции на многомерном пространстве.




*а)* *б)*

*Рис. 2. Диаграммы значения вектора $B_{res}$ для чугунных сплавов марки ЧХ1 (а) и ЧН20Д2Ш (б)*

В частности, реализованы модификации А, Б и В схем алгоритма с применением функций распределения Больцмана и Коши, а также алгоритм сверхбыстрого отжига и алгоритм Ксин Яо [9, 11]. В системе оптимизация производится на определенном наборе переменных функции $f$: $R^D \to R$ ($D < 13$), при этом целью оптимизации является максимальное значений параметров относительной износостойкости и твердость отливок из чугуна с формируемым химическим составом.

Для получения аналитической зависимости твердости чугуна от его химического состава были проведены отдельные исследования с использованием экспериментальных данных лаборатории производственного предприятия ООО «Липецкая трубная компания «Свободный Сокол». Всего было проведено 70 испытаний на 70 образцах (чугунные трубы разных диаметров). В процессе испытаний были получены следующие данные для каждого образца: химический состав, предел прочности на растяжение ($\sigma_t$, МПа), предел текучести ($\sigma_{tu}$, МПа), относительное удлинение ($\varepsilon$, %), твёрдость внешней ($h_{out}$, НВ) и внутренней ($h_{in}$, НВ) сторон, а также процентное содержание графита, феррита, перлита и цементита в чугунных отливках.

Регрессионный анализ экспериментальных данных в пакете анализа приложения Excel 2007 позволил получить следующие линейные зависимости:

$$h_{out} = 80,27 + 13,71x_C + 2,32x_{Si} + 34,76x_{Mn} - 47,88x_P + 139,98x_S + 171,07x_{Cr} + 176,308x_{Mg},$$

$$h_{in} = 127,48 + 8,18x_C - 7,41x_{Si} - 14,91x_{Mn} + 217,09x_P - 578,1x_S + 343,04x_{Cr} + 86,38x_{Mg},$$

$$\sigma_t = 368,77 + 2,78x_C + 7,31x_{Si} + 56,79x_{Mn} + 579,79x_P - 828,01x_S + 393,8x_{Cr} - 38,59x_{Mg},$$

$$\sigma_{tu} = 300,77 - 0,15x_C + 6,38x_{Si} + 44,26x_{Mn} + 563,43x_P - 750,67x_S + 340,67x_{Cr} - 40,86x_{Mg},$$

$$\varepsilon = 4,19 + 3,46x_C + 2,40x_{Si} + 0,91x_{Mn} - 103x_P - 74,77x_S - 63,65x_{Cr} - 64,18x_{Mg},$$

где $x_C$ – процентное содержание химического элемента С (углерода) в составе сплава, $x_{Si}$ – процентное содержание кремния (Si) и т.д.

Для вывода более точных зависимостей с использованием методов нелинейной регрессии использовалось специально созданное программное обеспечение «Статистическая обработка экспериментальных данных». Программа позволяет строить математические нелинейные модели методом наименьших квадратов с использованием произведения факторов. С помощью программы были получены следующие зависимости:

$$h_{out} = 154,57 - 0,0659x_C^3 - \frac{2,06}{x_{Si}^2} - \frac{0,108}{x_{Mn}^2} - \frac{0,000039}{x_P^2} + \frac{0,000016}{x_S^2} - 10530x_{Cr}^3 + 8262,85x_{Mg}^3,$$

$$h_{in} = 149,17 + 0,044x_C^3 - 0,057x_{Si}^3 - \frac{0,051}{x_{Mn}^2} + 21642,85x_P^3 - 799142,8x_S^3 + 16828,57x_{Cr}^3 + 3922,8x_{Mg}^3,$$

$$\sigma_t = 438,73 - \frac{79,04}{x_C^2} + 6,175\ln(x_{Si}) - \frac{0,28}{x_{Mn}^2} - \frac{0,00052}{x_P^2} - \frac{0,00000245}{x_S^2} + 24128,57x_{Cr}^3 + 9551,43x_{Mg}^3,$$

$$\sigma_{tu} = 352,46 - \frac{35,83}{x_C^2} + 5,36\ln(x_{Si}) - \frac{0,23}{x_{Mn}^2} - \frac{0,00052}{x_P^2} - 322x_S + 19085,71x_{Cr}^3 + 842,57x_{Mg}^3,$$

$$\varepsilon = 15,36 - \frac{12,05}{x_C^2} + 0,019x_{Si}^3 - \frac{0,027}{x_{Mn}^2} - 7868,57x_P^3 + \frac{0,000014}{x_S^2} - 3991,43x_{Cr}^3 - 2978,57x_{Mg}^3.$$

Функционал $f_{sv}$ определяет свойства чугунного сплава в зависимости от его химического состава согласно полученным аналитическим зависимостям и металлографии. Функционал $f_{rb}$ осуществляет информационную поддержку при формировании (изменении) базы правил, используемой функционалом $f_{fuz}$ при формировании границ поиска. Пунктирными линиями в структуре системы (рис. 1) показаны информационные связи между программными модулями функционалов.

База данных $Inf_{st}$ (рис. 1), формируемая на основе экспериментальных данных в лаборатории предприятия, содержит информацию о металлографии сплава; данная информация служит для расчета твёрдости, прочности и удельной теплоемкости (зависит от вида и дисперсности фаз) отливок из чугуна.

## Выводы

На основе описанных методов разработана автоматизированная система принятия решений в процессе формирования оптимального химического состава чугунного сплава, которая последовательно применяет к объекту управления – отливке из чугуна – последовательность функционалов, изменяющих количественную меру процентного содержания каждого химического элемента, осуществляя при этом поэтапный поиска оптимальной рецептуры на основе данных математических моделей, аналитических расчётов, лабораторных испытаний и с учётом заданных пользователем требований, предъявляемых к свойствам и области применения отливок из чугуна. В настоящее время автоматизированная система на основе представленной в работе структуры проходит апробацию на производственном предприятии ООО «Липецкая трубная компания «Свободный Сокол».

## Список литературы

1. Прангишвили И.В. Системный подход и общесистемные закономерности: научное издание / И.В. Прангишвили – М.: СИНТЕГ, – 2000. – 528 с.

2. Прангишвили И.В. Повышение эффективности управления сложными организационными и социально-экономическими системами / И.В. Прангишвили // Проблемы управления. – 2005. – № 5. – С. 28–32.

3. Корнеев А.М. Системная методология в приложении к прогнозированию свойств чугунных сплавов / А.М. Корнеев, А.В. Суханов, И.А. Шипулин // Theoretical & Applied Science. – 2018. – № 2 (58). – С. 181–186.

4. Корнеев А.М. Математическое моделирование и анализ напряженно-деформированного состояния неоднородных сред с непрерывными и дискретными волокнами / А.М. Корнеев, О.П. Бузина, А.В. Суханов // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 8. – С. 39–44.

5. Лазарев В.Г. Синтез управляющих автоматов / В.Г. Лазарев, Е.И. Пийль. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 328 с.

6. Печенкина Л.С. Оптимизация состава самозакаливающихся чугунов / Л.С. Печенкина // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2017. – № 6. – С. 117–121.

7. Печенкина Л.С. Влияние содержания структурообразующих компонентов на твёрдость малоуглеродистых белых чугунов / Л.С. Печенкина // Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2017. – Т.13, № 3. – С.134–138.

8. Корнеев А.М. Системный подход к формированию структуры и химического состава сплавов чугуна с заданными прочностными характеристиками / А.М. Корнеев, О.П. Бузина, А.В. Суханов // Вестник ЛГТУ. – 2018. – № 1 (35). – С. 45–50.

9. Тихомиров А.С. О быстрых вариантах алгоритма отжига (simulated annealing) // Стохастическая оптимизация в информатике. – 2009. – Т. 46, № 3. – С. 379–394.

10. Корнеев А.М. Исследование точности и скорости сходимости алгоритмов стохастической оптимизации функций на двумерном пространстве / А.М. Корнеев, А.В. Суханов, И.А. Шипулин // Theoretical & Applied Science. – 2018. – № 4 (60). – С. 184–189.

11. Грибанова Е.Б. Стохастический алгоритм поиска / Е.Б. Грибанова // Прикладная информатика // Journal of applied informatics. – 2017. – № 2(68). – С. 130–134.

УДК 004:378.046.4

# ОСОБЕННОСТИ РАЗВИТИЯ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ ПРИ ИНФРАСТРУКТУРНОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПЛОЩАДОК

**Костюкова А.П., Костюкова Т.П., Саубанов В.С., Лысенко И.А.**

*ФБГОУ ВО «Уфимский государственный авиационный технический университет», Уфа, e-mail: ktp@ufanet.ru*

В статье рассмотрены актуальные вопросы развития кадрового потенциала предприятия, как совокупность организационных структур, методик, процессов и ресурсов, необходимых для эффективного выполнения текущих и перспективных производственных задач; и для наилучшего удовлетворения запросов работников, которые связаны с самореализацией, профессиональной подготовкой и карьерой. Особое внимание обращено на необходимость комплексного укрупнения и расширения диапазона профессиональных компетенций у одного специалиста, для чего выделено несколько аспектов: мотивационный, как создание условий учета индивидуальных возможностей и потребностей сотрудников; широкого выбора содержания, форм, темпов и уровней основы мониторинга требуемых компетенций для осуществления работ освоения современных информационных технологий и проектирования в системах Civil 3D; содержательный; учебно-методический; организационный (персонифицированный подход может быть наиболее актуальным способом обучения), информационный и контрольно-оценочный, а именно, при входном контроле определяются имеющиеся у обучаемого компетенции, требуемые для выполнения качественной работы, которые затем формируют осознанно необходимые профессиональные компетенции, что позволяет выстроить наиболее рациональную стратегию освоения профессиональных компетенций. Возможности приведенной методики могут быть использованы при построении генпланов, трубопроводов, систем водоотведения и т.д. Статья выполнена в рамках научно-исследовательской хоздоговорной работы по совершенствованию кадрового потенциала специалистов инженерно-изыскательных подразделений нефтегазовой отрасли.

**Ключевые слова: профессиональные компетенции, требуемые компетенции, осознанные компетенции, принятие решений, мониторинг**

# PECULIARITIES OF DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL COMPETENCIES IN INFRASTRUCTURAL DESIGNING OF INDUSTRIAL PLANTS

**Kostyukova A.P., Kostyukova T.P., Saubanov V.S., Lysenko I.A.**

*Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: ktp@ufanet.ru*

The article deals with topical issues of the development of the personnel potential of the enterprise, as a set of organizational structures, methods, processes and resources necessary for the effective implementation of current and future production tasks; and to best meet the needs of workers who are associated with self-realization, training and career. Special attention is paid to the need for an integrated consolidation and expansion of the range of professional competence of a specialist, for what is highlighted in several aspects: motivational, as the creation of conditions taking into account the individual capabilities and needs of the employees; wide choice of content, forms, tempos and levels of the basis for monitoring the required competencies for the implementation of works on the development of modern information technologies and design in Civil 3D systems; informative; educational-methodical; organizational (personalized approach can be the most relevant way of learning), informational and control and evaluation, namely, the entrance control determines the existing competence of the student required to perform quality work, which then form a consciously necessary professional competence and that allows you to build the most rational strategy for the development of ICT. The possibilities of this technique can be used in the construction of master plans, pipelines, drainage systems, etc. The article is made within the framework of research contractual work to improve the human resources of specialists of engineering and survey departments of the oil and gas industry.

**Keywords: professional competences, the required competences, conscious competences, decision-making, monitoring**

Общая тенденция к укрупнению знаний и расширению диапазона компетенций сохраняется. Однако общая подготовка специалистов профильных вузов и специальностей сохраняется, специалист приходит на рабочее место с багажом знаний, ограниченным только рамками полученной специальности [1].

Век цифровых технологий требует комплексного решения производственных задач, выходящих за рамки одного лишь направления, так как при передаче работ из одного отдела в другой возникает необходимость уточнения, а зачастую коррекции выполненных работ на предыдущих этапах, что ведет к замедлению сроков исполнения проектов.

При этом необходимо учитывать происходящее масштабирование бизнес-модели организации, подразумевающее качественную трансформацию ее взаимодействия с наиболее компетентными в профессиональном плане представителями персонала. Это основано на потенциале действующего персонала организации, вовлеченного в ее деятельность и обладающего видением

и способностью к самореализации в рамках маркетинговой концепции партнерских отношений «персонал – компания», способного к масштабированию/мультиплицированию своих производственных функций.

Данная проблема особенно обостряется там, где применяются современные системы инфраструктурного и технологического проектирования промышленных объектов, когда весь процесс проектирования рассматривается как одно целое без специальных инструментов и методов разделения на специализации. Это самое разделение является главной проблемой в организациях и проектных фирмах. На рис. 1 показан пример части большого технологического процесса проектирования промышленной площадки, где задействовано несколько структурных подразделений и специалистов.

Каждая структурная единица, будь то как отдел и специалист, обладает определенной компетенцией или набором компетенций. Большинство таких компетенций могут быть обеспечены базовым высшим образованием в рамках специалитета, бакалавриата и магистратуры, а также профессиональной кратковременной стажировкой на предприятии, занимающемся той же профессиональной деятельностью. Такую компетенцию обозначим как *KBi*. Компетенции, которые, как правило, не достигаются в ходе базового специального образования и оперативно воспроизводимые в ходе информационно-технического прогресса обозначим как *KPi*. Совокупность всех вместе взятых компетенций образует некую организационную компетентность всего предприятия, позволяющую решать профессиональные задачи предметной области, которая складывается из базовых профессиональных компетенций, а также компетенций, объединяющих базовые и расширяющие их возможности:

$$\Sigma Ki = \Sigma KBi + \Sigma KPi.$$

Под потребностью восполнения/освоения профессиональной компетентности понимается осознанная потребность субъекта к необходимой информации для получения недостающих знаний в процессе выполнения той или иной деятельности [2].

Модель состоит из четырёх блоков: база данных, механизм логического вывода (алгоритм), база знаний и реализация логического вывода (база правил) (рис. 2).

Основным лицом, принимающим решение, является руководитель организации, который имеет полный доступ ко всем данным о своих работниках. Ведение личных дел работников, проведение требуемых тестов, заполнение списков имеющихся и требуемых компетенций осуществляют сотрудники отдела кадров, системный администратор осуществляет подготовку, хранение и описание информационных ресурсов организации, прочие сотрудники организации не должны иметь доступ к системе идентификации и корректировки развития их личности, за исключением уведомлений о решениях руководства (предпочтительно устных).

Входными данными для системы мониторинга профессиональных компетенций взрослых являются:

1. *IT* специалисты (перечень должностей специалистов).

2. $KB_j$ – компетенции, обеспеченные базовым образованием.

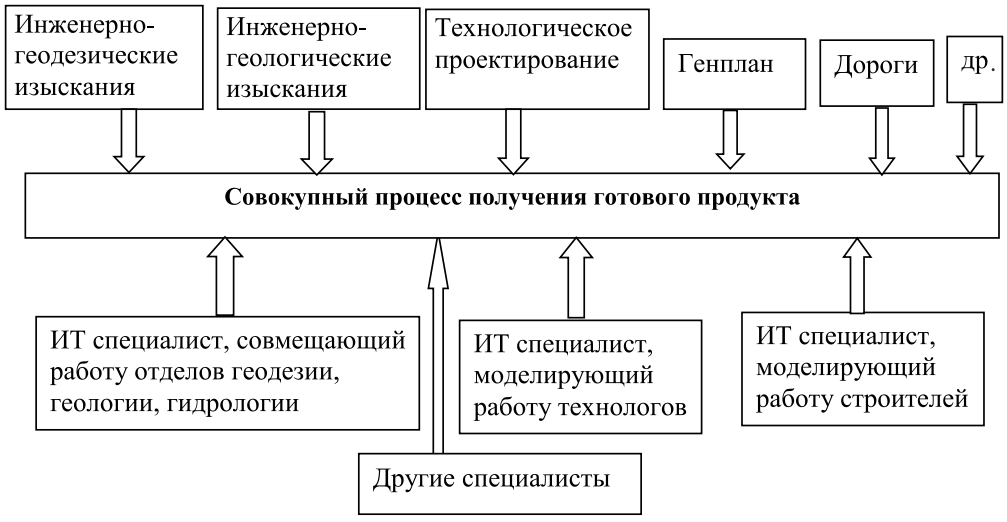



*Рис. 1. Взаимодействие производственного процесса с отделами и специалистами*

3. $K_i$ – необходимые компетенции.

4. Удовлетворенность работника – символизирует $KP_i$ (осознанную информационную компетенцию), соотношение $KB_i$ и $K_i$.

5. Межличностные отношения – показатель определяется статистическими методами на основе тестирования.

6. Эргономические требования к рабочему месту.

7. Оценка качества работы, рассчитываемая через отношение заданий, выполненных в срок, к общему числу заданий работника.

Полученный результат передаётся в блок принятия решений.

Контекстная диаграмма для систем поддержки принимаемых решений (СППР) представлена на рис. 3.

Указанный блок производит вычисление *KP* путём простого перебора всех компетенций в обоих списках. Если $KP_i \leq 0$, то есть набор имеющихся у сотрудника компетенций превосходит требуемые, то тогда информация о нём направляется в блок принятия решений, совместно с оценками удовлетворённости работника, где происходит формирование банка кадрового резерва. Положительность *KP* означает, что сотруднику необходимо пройти обучение по соответствующей программе, определяет, к какой предметной области относится та или иная К, и формирует предложения о направлении обучения: направления подготовки, сроки подготовки, программы обучения и т.д.), после чего передаёт данные в блок «Обучение (предложение материалов)», который производит обучение сотрудника, предлагает соответствующий материал для подготовки, производит проверку полученных знаний, умений и навыков, формирующих необходимый сотруднику набор компетенций [3].

Контур «принятие решений» включает одноимённый блок, осуществляющий поддержку принятия решений руководителя (отдела, департамента или предприятия) о дальнейшей деятельности сотрудника на предприятии, то есть его полезности, а также о производительности денежных средств.

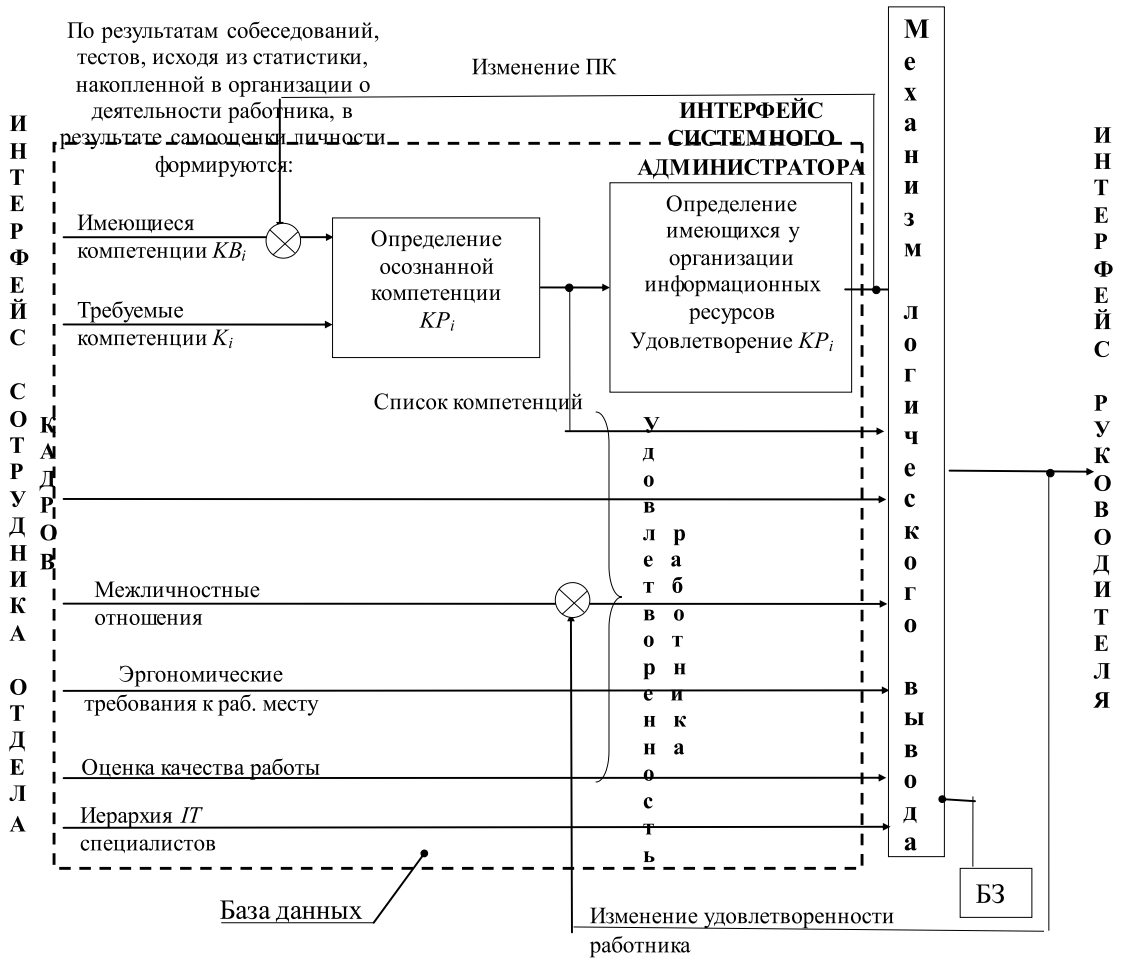



*Рис. 2. Мониторинг компетенций IT специалистов*

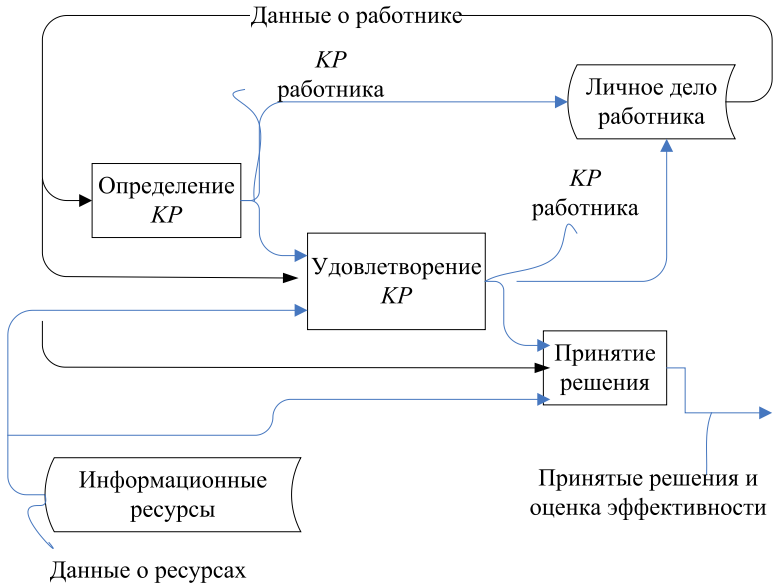



*Рис. 3. Схема потоков данных (Нотация Гейна – Сарсона)*

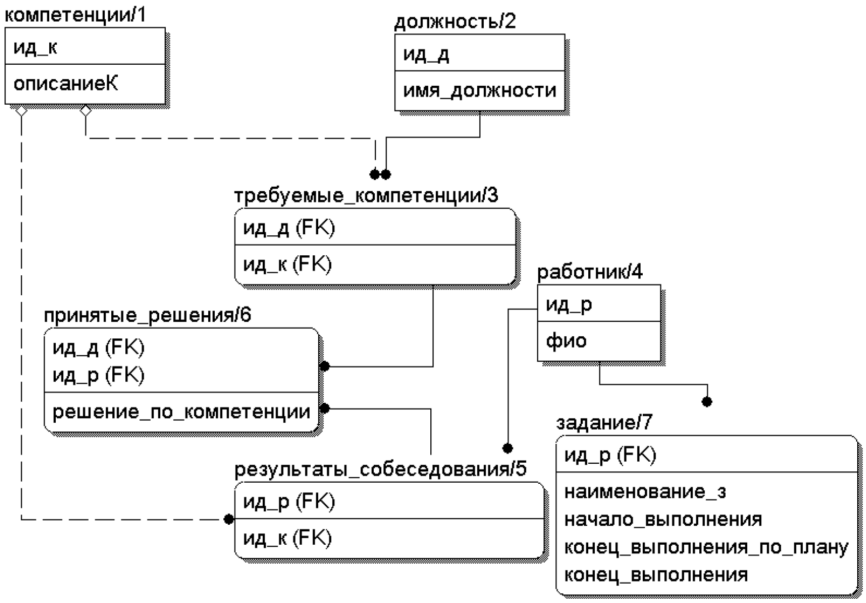



*Рис. 4. Информационная модель базы данных «Личное дело» идентификации компетенций личности в среде её профессиональной деятельности*

База данных, определяющая имеющиеся у объекта компетенции и требования к его знаниям, представлена на рис. 4.

Существующие в организациях БД не позволяют в полной мере реализовать предлагаемую СППР, так как не содержат *К*, *KP* и *KB*, а также оценки удовлетворённости работника, требуемых для принятия соответствующих решений [4].

Важной составляющей совокупного производственного процесса является переход от одного вида работ к другому. Во время такого перехода проектная часть переходит к другому отделу или специалистам для дальнейшего проектирования. Важнейшим фактором успешности выполнения работ является точное и качественное выполнение предыдущих этапов работ и точное понимание того, что нужно передать на следующий этап. Например, выполнение и передача инженерно-изыскательских работ в инженерно-геологический отдел. Параллельно

с инженерно-геологическими проводятся инженерно-гидрологические работы и т.д.

Вторым важным аспектом является совместимость форматов передачи данных *Di*. Это связано с тем, что работы чаще всего производятся в разных системах, ориентированных на узкую специализацию и предметную область. Таким образом специалист развивает у себя профессиональную компетенцию *KPi*, связанную с предметной областью и реализацией проекта в специализированной информационной среде. Если структурно объединить базовые и профессиональные компетенции с их переходами, то получится следующий результат, как показано на рис. 5.

Процесс передачи данных очень часто сопровождается промежуточными преобразованиями данных для передачи в следующий отдел другим специалистам. Это обусловлено тем, что узкоспециализированные программные продукты не учитывают специфику и особенности следующих за ним процессов реализации общего проекта, а направлены лишь только на подготовку отчетной 2D документации собственного раздела. Кроме того, приведение всех проектных данных к одному формату через десятки отделов и проектных групп – весьма сложная задача.

На наш взгляд, при оценке имеющихся компетенций у каждого сотрудника необходимо выделять такие элементы, как производственно-технологические; организационно-управленческие; экономико-экологические.

Специалист, работая в узкоспециализированной программе, нарабатывает компетенции, свойственные данному программному продукту. Переход каждый раз к новому программному продукту требует дополнительной подготовки специалиста, а соответственно, расширения профессиональной составляющей компетенции *KPi*.

Каждую профессиональную компетенцию *KPi* можно поделить еще на несколько. Как правило, это подготовка отчетной 2D документации, соответствующей ГОСТ, СНИП и госэкспертизы, соответствие требованиям заказчика, знание ведомственных нормативных документов, умение создавать цифровую модель объектов проектирования, умение работать в группе проекта в специальной инструментальной среде (PDM) и т.д. Данный уровень декомпозиции обозначим *KPij*.

Достаточно сложным аспектом выполнения всего производственного проекта является взаимодействие специалистов разных отделов и групп. В ходе этого взаимодействия передается рабочий материал от специалиста одного структурного подразделения специалисту другого структурного подразделения. В результате такой передачи важно сохранить весь объем выполненной разработки на предыдущем этапе и минимизировать потери при преобразовании данных в другой формат *Di*: Min Σ *Di*.

Процесс преобразования данных для передачи их между отделами также требует некоторых знаний, однако потери в качестве передаваемого материала более значительны, чем если бы работа велась в единой информационной среде.

Такой подход к оценке персонала и его дальнейшего использования в текущей производственной деятельности компании/организации, в нашем понимании, приводит к извлечению дополнительного производственного, экономического эффектов, связанных с синергетическим эффектом, так как предприятие решает вопрос лояльности, вовлеченности персонала, минимизирует производственные и/или экономические последствия неоправданной текучести персонала. При этом достигается реализация стратегической гибкости организации в своем развитии, которое проявляется в том числе в опережении процессов масштабирования и/или мультиплицирования над процессами секвестрования бесперспективных или малопроизводительных производственных видов деятельности.

*Рис. 5. Связь и реализация базовых и профессиональных компетенций*

Внутри организаций и фирм часто возникает проблема выбора концепции производства, либо на основании давно устоявшихся приемов разработки и проектирования с привлечением узкоспециализированных систем, либо с привлечением больших многофункциональных систем, таких как Autocad Civil 3D [5].

Переход на единую платформу, объединяющую несколько специалистов и подразделений, требует большей подготовки в части развития профессиональных компетенций. Как правило, такие системы сложнее в освоении и адаптации, однако позволяют в гораздо большей степени расширить круг решаемых задач и быть гибче в плане перепрофилирования. В то же время в них есть недостатки, связанные с меньшей степенью проработанности подготовки 2D документации под конкретную предметную область. Тем не менее в больших системах предусмотрена возможность адаптации и наращивания в них внутриотраслевых шаблонов, нормативов и стандартов. Таким образом, большие системы минимизируют потери передачи данных между отделами *Di*, но в то же время требуют большей подготовленности специалистов для работы с этими системами в части дополнительной их адаптации.

*Статья подготовлена в рамках научно-исследовательского хозяйственного договора «Исследование и разработка мероприятий по совершенствованию кадрового потенциала на предприятии ООО ПФ «Уралтрубопроводстройпроект».*

**Список литературы**

1. Сомова И.А. Приоритеты в области повышения квалификации и профессиональной переподготовки кадров. Обновление требований к профессиональной компетентности // Модернизация системы профессионального образования на основе регулируемого эволюционирования: материалы XV Межд. научно-практ. конф. В 2 ч. Ч. 1 / Межд. академия наук пед. образования: Челяб. институт перепод. и пов. квал. раб. образ. – М.; Челябинск: ЧИППКРО, 2017. – С. 35–38.

2. Костюкова А.П. К вопросу развития современных компетенций в профессиональной деятельности специалиста / А.П. Костюкова, Т.П. Костюкова, В.С. Саубанов // Фундаментальные исследования. – 2016. – № 7–2. – С. 241–246.

3. Савинова Л.Ф. Современные модели повышения квалификации: опыт, проблемы, перспективы // Научное обеспечение системы повышения квалификации кадров: Научно-теоретический журнал. – 2013. – № 3–4 (16–17). – С. 5–12.

4. Кублицкая Ю.Г. Познавательная компетентность как предмет педагогического анализа // Современные проблемы науки и образования. – 2017. – № 1. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=26107 (дата обращения: 17.05.2018).

5. Антонюк А.А., Чижов С.В. Принципы информационного моделирования транспортных сооружений // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2017. – Т. 9, № 3. URL: https://naukovedenie.ru/PDF/70TVN317.pdf (дата обращения: 17.05.2018).

УДК 621.79.03

# УНИВЕРСАЛЬНОЕ УСТРОЙСТВО ДЛЯ РЕГУЛИРОВКИ И МОДУЛЯЦИИ СВАРОЧНОГО ТОКА

**[1]Крампит А.Г., [2]Крампит М.А., [3]Петрова К.Е., [2]Садыров Р.К.**

*[1]АО «НПП «Исток» им. А.И. Шокина», Фрязино, e-mail: akrampit@mail.ru;*
*[2]ФГАОУ ВО «Юргинский технологический институт» (филиал) Национального исследовательского Томского политехнического университета, Юрга, e-mail: savage_jawa@mail.ru;*
*[3]ГПОУ «Юргинский технологический колледж», Юрга, e-mail: kristaliksolnishko@yandex.ru*

В работе рассмотрены имеющиеся на рынке устройства для регулирования сварочного тока непосредственно во время сварки. Был выделен главный недостаток таких устройств – их неуниверсальность. Также большинство этих устройств было создано для дуговой сварки неплавящимся электродом в инертном газе. Был спроектирован универсальный регулятор, крепящийся непосредственно к органам управления источника питания для сварки. Таким регулятором можно доработать любой источник питания и любую сварочную горелку. Для точности управления применялся датчик давления, который можно настроить под любой диапазон силы нажатия. Рабочим органом являлся сервопривод, который способен быстро поворачивать регулятор на заданный угол и поддерживать его. Также микроконтроллер можно запрограммировать на любой отклик, вплоть до 1 мс. Данный регулятор был собран и апробирован в лабораторных условиях на недорогом российском инверторе для ручной дуговой сварки. Другим применением данного универсального регулятора является модуляция сварочного тока по заданной программе. Были проведены исследования при сварке вертикального шва. Макрошлифы показали, что был достигнут полный провар. На микрошлифах видно отсутствие дефектов, при том, что сварку выполнял сварщик с невысокой квалификацией без каких-либо колебаний.

**Ключевые слова: регулирование сварочного тока, модуляция сварочного тока, универсальный регулятор тока сварки**

# UNIVERSAL DEVICE FOR ADJUSTMENT AND MODULATION OF WELDING CURRENT

**[1]Krampit A.G., [2]Krampit M.A., [3]Petrova K.E., [2]Sadyrov R.K.**

*[1]Joint-Stok company «Research and production Corporation «Istok» named after A.I. Shokin», Fryazino, e-mail: akrampit@mail.ru;*
*[2]Yurga Institute of Technology, TPU affiliate Russia, Yurga, e-mail: savage_jawa@mail.ru;*
*[3]Yurga College of Technology, Yurga, e-mail: kristaliksolnishko@yandex.ru*

In work the devices available on the market for welding current regulation are considered directly during welding. The main drawback of such devices was highlighted – they are not universal. Also, most of these devices were created for arc welding by a non-consumable electrode in an inert gas. A universal controller was designed, which was attached directly to the control elements of the power source for welding. With this regulator, you can modify any power source and any welding torch. For the accuracy of the control, a pressure sensor was used, which can be adjusted to any range of pressing force. The working body was a servo-drive, which is able to quickly turn the regulator to a given angle and support it. Also, the microcontroller can be programmed for any response, up to 1 ms. This regulator was assembled and tested in laboratory conditions on an inexpensive Russian inverter for manual arc welding. Another application of this universal controller is the modulation of the welding current according to the specified program. Investigations were carried out in the welding of a vertical seam. Macroschips have shown that a full cook was achieved. Also in the seam there were no defects, despite the fact that welding was performed by a welder with low qualifications without any hesitation.

**Keywords: welding current control, welding current modulation, universal welding current regulator**

Регулирование силы сварочного тока при дуговой сварке обычно осуществляется с помощью самого источника питания. Все возможные способы регулирования тока можно свести к двум: изменению напряжения холостого хода источника Uxx, изменению электрического сопротивления источника Z.

При сварке на монтаже или при сварке неповоротного стыка трубопровода, особенно малого диаметра, сварщик меняет положение электрода до 180 градусов за время расплавления (сгорания) одного электрода. При этом сварочный ток для одного пространственного положения оказывается неоптимальным для другого.

На многих зарубежных источниках питания предусмотрена регулировка тока во время сварки. К примеру, при TIG сварке зачастую используется педаль, нажатие на которую может регулировать силу тока (рис. 1) [1]. Либо используют пульт ДУ, который сварщик может установить и на горелку для регулировки силы тока сварки [2].

Недостатком всех этих устройств является их неуниверсальность и применимость

только для тех источников питания, в которых данная функция предусмотрена изначально. Модернизировать же любой источник питания не представляется возможным. Также все решения производятся за рубежом. В России же это направление только начинает развиваться.

Целью данной работы является разработка универсального регулятора сварочным током непосредственно с горелки.

## Результаты исследования и их обсуждение

Главными требованиями к регулятору сварочным током непосредственно с горелки являются:

1. Универсальность. Регулятор должен работать с любым источником питания, независимо от способа сварки. Исходя из этого, регулировка должна происходить воздействием на органы управления источников питания.

2. Безопасность. При работе с данным регулятором сварщик не должен попасть под действие высокого напряжения. То есть органы управления регулятора должны быть гальванически развязаны от силовой части, а используемые напряжения не должны превышать 12 В.

3. Удобство. Регулятор должен прикрепляться к держателю либо горелке и иметь удобное управление. Он не должен утомлять сварщика во время долгой и непрерывной работы.

Сущность устройства заключается в следующем: регулирование параметров (силы тока, например) осуществляется сервоприводом с помощью контроллера, на который приходит сигнал от датчика давления или дополнительной кнопки или реостата. Контроллер может плавно регулировать параметры на время удержания кнопки или изменять угол поворота ступенчато или по заданной программе. В устройстве, представленном в данной статье, использовался датчик давления. Настройки тока сварки и диапазона регулирования проводятся до процесса сварки. Если во время сварки сварщик чувствует несоответствие сварочного тока, то увеличением давления на датчик давления он приведет в движение сервопривод, прикрепленный непосредственно к регулятору сварочного тока. Чем сильней будет давление на датчик давления, тем на больший угол произойдет движение сервопривода, а значит, будет и больше (или меньше) величина сварочного тока. Максимальный угол, на который может отклониться сервопривод, задается до сварки и не может быть превышен. Чувствительность регулятора тоже выбирается заранее. Принципиальная электрическая схема приведена на рис. 3.

*Рис. 1. Виды педалей управления сварочным током*

*Рис. 2. Виды пультов управления сварочным током*

Кнопка служит для предварительной установки режимов. Микроконтроллер осуществляет движение привода исходя из ранее заданной программы и давления на датчик.

В саму горелку датчик давления встраивается непосредственно рядом с кнопкой «Пуск» (рис. 4) либо под ней, под возвратную пружину, которая будет обеспечивать давление на датчик.

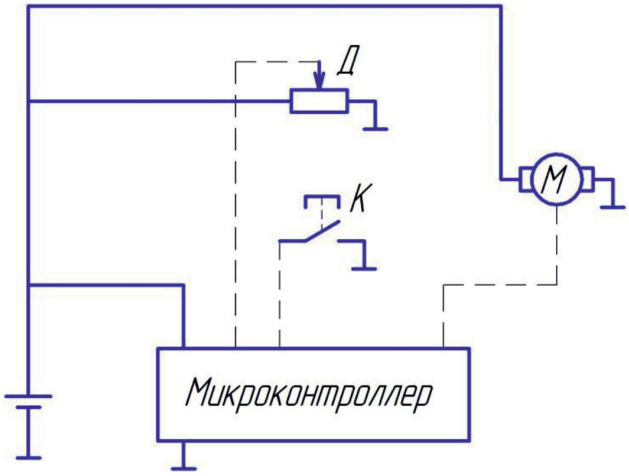



*Рис. 3. Принципиальная электрическая схема регулятора сварочного тока (Д – датчик; К – кнопка; М – серводвигатель; штриховая линия – сигнал управления)*

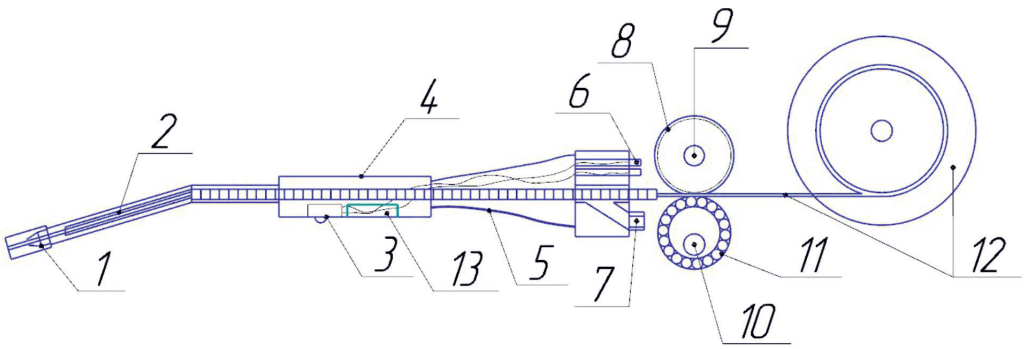



*Рис. 4. Эскиз доработанной сварочной горелки (1 – медная (латунная) направляющая проволоки; 2 – спиральная металлическая «рубашка»; 3 – кнопка «Пуск»; 4 – рукоять; 5 – шланг; 6 – контакты кнопки; 7 – газовый штуцер; 8 – проточка; 9 – ось двигателя; 10 – эксцентрическая ось; 11 – подшипник; 12 – проволока и бобина; 13 – кнопка с датчиком давления)*

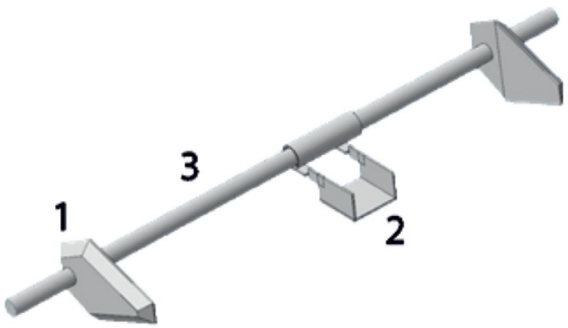



*Рис. 5. Механизм крепления сервопривода к источнику питания (1 – прижим к корпусу; 2 – крепление сервопривода; 3 – вал)*

Сервопривод крепится к источнику питания посредством вала с двумя лапами по краям, которые прижимаются к стенкам источника питания. На валу установлен кронштейн, который может перемещаться вдоль вала, что дает устройству универсальность использования с любым источником питания (рис. 5). А установка регулятора без разбора источника питания не нарушит гарантийных обязательств.

Второе применение данного устройства – это низкочастотное модулирование сварочного тока. Модулирование сварочного тока предоставляет возможность освободить сварщика от трудоёмкой операции дозирования теплоты и переложить ее на специальное устройство – модулятор. Сварщику остается лишь сосредоточить своё внимание на заполнении разделки шва. Наложение импульсов тока на дугу небольшой мощности при сварке плавящимся электродом позволяет снизить тепловложение, улучшить формирование шва, упростить технику выполнения сварки. Эффективная (средняя) величина тока при этом уменьшается на 20–30 % [3, 4].

Но у данного способа будет ограничена максимальная частота модуляции, которая будет равна скорости движения сервопривода и реакции устройства на изменение. Современные инверторные источники питания имеют малое время реакции, поэтому исключим его из расчета.

Сервопривод имеет скорость вращения в среднем 60° за 120 мс. При стандартной ручке регулировки с углом 270°, угол в 60° будет составлять примерно 25 %. То есть для регулирования в диапазоне 50 % необходимо затрачивать в среднем 500 мс на период, то есть максимальная частота будет составлять 2 Гц. К примеру, такие режимы, как SpeedUp [5] от компании Lorch, имеют частоту модуляции от 0,3 до 5 Гц при рекомендованной частоте 1 Гц. При частоте 1 Гц изменение тока будет иметь следующую закономерность (рис. 6).

Как видно из рисунка, средняя сила тока при этом способе будет равна 75 А.

Апробирование устройства осуществлялось при сварке вертикального шва. Образец был собран из пластин толщиной 4 мм с зазором 1 мм. Сварка производилась сварщиком с низкой квалификацией. Сварка осуществлялась «снизу – вверх» без поперечных колебаний и манипуляций электродом. Ток паузы составлял 40 А при длительности 500 мс. Ток импульса достигал 130 А при длительности 300 мс. Средний ток можно высчитать по следующей формуле:

$$I_{ср} = \sqrt{\frac{I_{имп}^2 \cdot t_{имп} + I_{п}^2 \cdot t_{п}}{t_{имп} + t_{п}}}, \quad (1)$$

где $I_{имп}$ – сила тока во время импульса, $I_{п}$ – сила тока во время паузы, $t_{имп}$ – длительность импульса, $t_{п}$ – длительность паузы.

Подставляя данные, получим ток, равный 73 А. Электрод LB-52U диаметром 2,6 мм. Сварочный аппарат СОЮЗ САС-97И255М. Внешний вид доработанного источника питания представлен на рис. 7. На рис. 8 приведен внешний вид сварного шва. Как видно по рисунку, отсутствуют шлаковые включения, подрезы и наплывы. Разбрызгивание невелико.

На рис. 9 показан макрошлиф сварного шва. На нем видно полное проплавление с допустимым ослаблением обратного валика и отсутствие видимых дефектов.

На рис. 10 представлены микрошлифы наплавленного металла (а), зоны термического влияния (б) и основного металла (в). Металл шва – литая структура с небольшой ориентацией. Линия сплавления выражена неявно. В зоне термического влияния наблюдаются небольшие поля перлита. Дефектов в металле шва и зоне термического влияния не наблюдается.

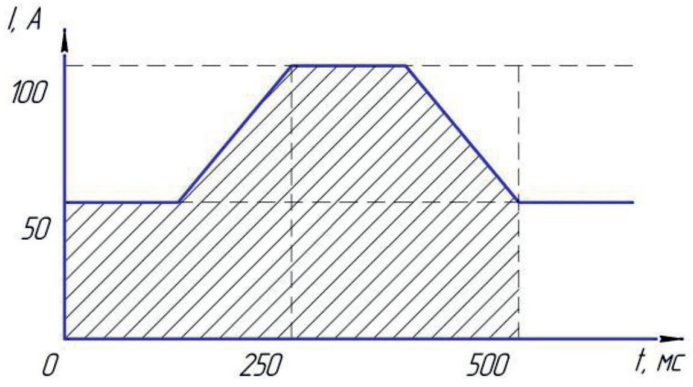
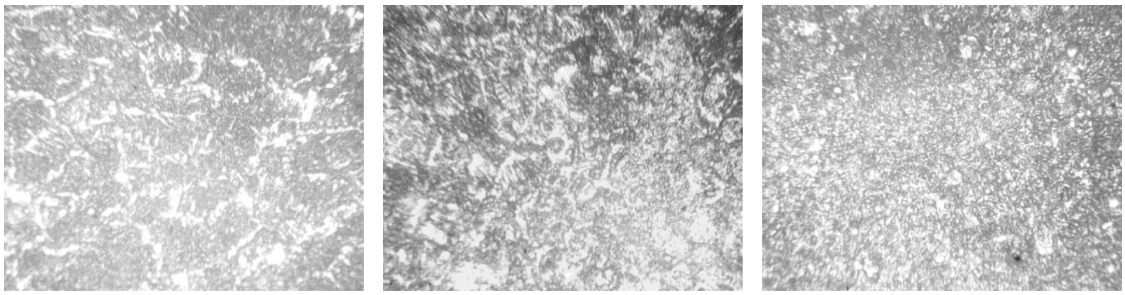



*Рис. 6. Изменение тока по времени при модуляции (I – сила тока, А; t – время, мс)*

*Рис. 7. Фото источника питания с сервоприводом*

*Рис. 8. Внешний вид сварного шва*

*Рис. 9. Макрошлиф сварного шва*



*а)* *б)* *в)*

*Рис. 10. Микроструктуры (х100) наплавленного металла (а), зоны термического влияния (б) и основного металла (в)*

Таким образом, разработанное устройство позволило добиться высокого качества вертикального сварного шва сварщиком с низкой квалификацией.

Дальнейшие исследования будут направлены на удобство регулятора, на апробирование модуляции тока в разных пространственных положениях и сталей,

разных толщин. Также данный регулятор будет испытан для механизированной сварки в среде защитных газов.

## Выводы

1. Данное устройство позволит без особых затрат доработать любой источник питания как для ручной дуговой, так и для механизированной сварки.

2. Управление тепловложением в сварное соединение позволит выполнять сварку в различных пространственных положениях даже сварщикам с низкой квалификацией.

3. Разработка позволит сварщикам реагировать на изменение условий сварки без прерывания процесса.

## Список литературы

1. Педаль управления сварочным током для аппаратов TIG AC/DC [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://svarog-rf.ru/products/art-pedal1 (дата обращения: 04.05.2018).

2. MYKING Remote control Electrode Holder [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://myking.no/en/electrode-holder_remote.htm (дата обращения: 04.05.2018).

3. Ожиганов Е.А. Оценка качества сварки модулированным током конструкционных сталей методом акустической эмиссии в режиме реального времени // Вестник Кузбасского государственного технического университета. – 2012. – № 6. – С. 109–111.

4. Смирнов А.Н., Герике Б.Л., Муравьев В.В. Диагностирование технических устройств опасных производственных объектов. – Новосибирск: Наука, 2003. – 244 с.

5. Процессы Speed от Lorch [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.lorch.ru/catalog/c1/s6/item505/ (дата обращения: 02.05.2018).

УДК 621.227:697.2

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ТАРАНА В ИНДИВИДУАЛЬНОМ ТЕПЛОВОМ ПУНКТЕ

**Кудашев С.Ф., Кудашева О.В., Душутина О.В., Равилов Р.**
*ФГБОУ ВО «МГУ им. Н.П. Огарева», Саранск, e-mail: kudaschev@mail.ru*

Рассмотрены возможности систем с импульсной подачей теплоносителя в системе отопления здания, где данный режим организуется при помощи адаптированной конструкции гидравлического тарана. В статье рассматривается возможность практического использования гидравлического тарана в индивидуальном тепловом пункте (ИТП) (замена элеваторного узла на гидравлическую таранную установку). Возможности практического использования связаны как с тепловыми, так и с гидравлическими эффектами, которые можно достигнуть путем перехода к импульсному режиму течения теплоносителя. В работе представлены результаты практического исследования авторами (графики) производительности гидравлического тарана в индивидуальном тепловом пункте в зависимости от величины относительного повышения давления жидкости, протекающей через гидравлический таран. Производительность гидравлического тарана определялась исходя из веса жидкости, выдавливаемой в гидроаккумулятор при заданной частоте пульсаций. В работе использовался однопоточный преобразователь потока (конструкция из одного ударного клапана). Представлена схема экспериментальной установки и подробное описание всех ее элементов. Установлено наличие величины относительного повышения давления, выше которого производительность тарана остается постоянной. Сделаны выводы относительно положения гидроаккумулятора в конструкции гидравлического тарана при использовании его в системе отопления. Подтверждены возможности использования гидравлического тарана в качестве повысительного насоса, в системе индивидуального теплового пункта, а также проведено сравнение экспериментальных данных с данными, полученными по методике, представленной в книге В.М. Овсепяна «Гидравлический таран и таранные установки». Установлено, что при снижении соотношения давлений в нагнетательной и питательной трубах методика расчета дает значительную погрешность.

**Ключевые слова: индивидуальный тепловой пункт, преобразователь потока, мембранный насос, гидроаккумулятор, элеваторный узел, вес, расход воды, колебания, гидроудар, тепловая сеть**

# HYDRAULIC RAM IN THE INDIVIDUAL HEATING UNIT

**Kudashev S.F., Kudasheva O.V., Dushutina O.V., Ravilov R.**
*Ogarev Mordovia State University, Saransk, e-mail: kudaschev@mail.ru*

The possibilities of systems with impulse supply of coolant in the heating system of the job are considered, where this mode is organized by means of an adapted design of a hydraulic ram. The article considers the possibility of practical use of a hydraulic ram at an individual heat point (ITP) (replacement of an elevator assembly with a hydraulic ramming unit). Opportunities for practical use are associated with both thermal and hydraulic effects, which can be achieved by switching to pulsed flow of the coolant. The paper presents the results of a practical study by the authors (graphics) of the performance of a hydraulic ram at an individual thermal point, depending on the magnitude of the relative increase in fluid pressure flowing through the hydraulic ram. The performance of the hydraulic ram was determined based on the weight of the liquid pushed into the accumulator at a given pulsation frequency. A single-flow flow converter (a single shock valve design) was used in the work. The scheme of the experimental setup and a detailed description of all its elements are presented. The presence of a relative increase in pressure is established, above which the ram's productivity remains constant. Conclusions are made regarding the position of the accumulator in the design of the hydraulic ram when used in a heating system. The possibility of using a hydraulic ram as an incremental pump, in the system of an individual heat point, as well as a comparison of the experimental data with the data obtained by the method presented in the book by V.V. Hovsepyan are confirmed. «Hydraulic ram and ramming installations». It is established that when the ratio of pressures in the injection and feed pipes is lowered, the calculation procedure gives a significant error.

**Keywords: individual heating unit, flow converter, diaphragm pump, hydraulic accumulator, heat distribution station, weight, water flow, oscillations, hydraulic shock, hydraulic ram, heat network**

Изучению систем с импульсным течением теплоносителя в последнее время уделяется пристальное внимание исследователей. Это связано с тепловыми и гидравлическими эффектами, которых можно достигнуть в результате перехода на данный режим течения теплоносителя. Одним из вариантов создания импульсного режима течения является использование гидротаранной установки [1–3]. За счет импульсного режима течения можно интенсифицировать теплоотдачу [1, 3]. Необходимо разделять импульсный и пульсирующий режимы [4, 5], так как первый характеризуется резким (почти мгновенным) изменением скорости и давления теплоносителя, а для пульсирующего режима характерно плавное изменение параметров. В [3, 5] установлено, что интенсифицировать теплоотдачу за счет пульсаций расхода имеет смысл только в режиме ламинарного течения, при турбулентном течении увеличение теплоотдачи незначительно и гидравлические потери энергии становятся больше величины повышения тепловой мощности тепло-

обменника. Переход к импульсному режиму течения в работе [1] позволяет интенсифицировать теплоотдачу в пластинчатом теплообменнике в номинальном диапазоне расходов для испытуемого теплообменника, при этом в работе не указано значение повышения гидравлического сопротивления системы.

Применение импульсного режима течения теплоносителя в схемах индивидуальных тепловых пунктов [1] (ИТП) позволяет использовать избыточный располагаемый напор тепловой сети, который зачастую срезается на дроссельных шайбах, а также соплах элеваторных узлов смешения. В некоторых работах предлагается полная замена элеваторного узла на гидравлическую таранную установку. При этом используются расчетные зависимости из [2], которые представлены для гидравлического тарана. Возможность использования методики [2] для расчета гидравлической таранной установки в ИТП практически не подтверждена. В работе [6] предлагается использовать данную систему для снижения потребления энергии при перекачке молока, что также подтверждает возможности практического использования импульсного течения теплоносителя. Прототипом систем с импульсным режимом течения является гидравлический таран – устройство, предназначенное для подъёма (при свободном сливе) воды выше уровня сливного резервуара за счет резкого периодического торможения потока, основными элементами которого являются преобразователь потока (ударный клапан) и воздушный колпак (гидроаккумулятор). Преобразователь потока конструктивно представляет собой клапан, основной задачей которого является (резкое) периодическое перекрытие потока жидкости. В конструкции гидравлического тарана преобразователь потока используется без привода. Его закрытие осуществляется за счет гидродинамических сил, действующих на клапан со стороны жидкости, а открытие за счет веса клапана во время обратной волны гидроудара [7, 8]. Конструкция преобразователя потока без привода может работать только при постоянном расходе. Использование данной конструкции в системах с переменным расходом затруднительно. Поэтому в закрытых системах, которыми являются системы отопления и горячего водоснабжения, рекомендуется использование преобразователя потока с приводом. Основным условием является то, что время закрытия преобразователя потока должно быть меньше (либо соизмеримо) со временем прохода волны повышения давления в трубопроводе перед преобразователем в прямом и обратном направлениях. Одним из вопросов, решаемых в данной статье, является возможность использования гидравлической таранной установки вместо элеваторного узла смешения в централизованных системах отопления.

Для расчета конструктивных параметров гидравлического тарана (длин и диаметров трубопроводов, объема воздушного колпака), а также расхода жидкости, сброшенной гидравлическим тараном, используются расчетные формулы, представленные в [2]. Зачастую данная методика используется и для расчета импульсных систем. В связи с этим необходимо проведение испытаний для определения производительности (объема воды, подаваемой под большим давлением, чем давление в трубопроводе) гидравлической таранной установки в закрытой гидравлической системе.

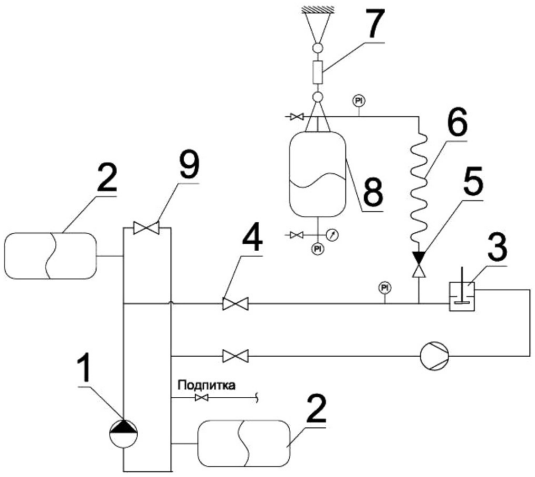



*Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – циркуляционный насос; 2 – гидроаккумулятор; 3 – ударный клапан; 4, 9 – регулирующие вентили; 5 – обратный клапан; 6 – гибкий рукав; 7 – электронные весы; 8 – гидроаккумулятор с датчиками давления*

Схема экспериментальной установки представлена на рис. 1. Данная схема имитирует протяженную тепловую сеть с сетевым насосом 1, к которой подключены ИТП потребителей посредством вводных задвижек 4. Работа схемы осуществляется следующим образом.

Циркуляция теплоносителя в системе осуществляется при помощи насоса (К45/30) 1 с частотным приводом, при этом часть расхода теплоносителя направляется через байпасный вентиль 9, что обеспечивает более медленный рост давления в напорном трубопроводе насоса во время закрытия ударного клапана 3. Регулирование расхода теплоносителя через ударный клапан 3 осуществлялось при помощи вентиля 4. Гидроаккумулятор 8

подключен к трубопроводу через обратный клапан 5 посредством гибкого резинового рукава 6 (внутренний диаметр 20 мм, длина 1,2 м). В работе использовался ударный клапан с приводом. Использование конструкции генератора пульсаций на основе ударных клапанов с приводом дает явные преимущества по сравнению с теми конструкциями, где закрытие клапанов осуществляется за счет сил, действующих со стороны потока жидкости на клапан. На основании показаний расходомера выставлялся необходимый расход через ударный клапан 3.

Первоначально плавно закрывали ударный клапан 3, в результате изменения гидравлической характеристики сети давление в напорном трубопроводе повышалось, и в гидроаккумулятор 8 закачивалась жидкость до тех пор, пока давление в гидроаккумуляторе 8 не выравнивалось с давлением в напорном трубопроводе. О чем свидетельствует установившееся показание весов 7. Данная процедура необходима, чтобы убедиться, что закачивание воды в гидроаккумулятор осуществляется только за счет гидроудара, возникающего при резком закрытии ударного клапана 3. После этого ударный клапан 3 открывался, и, как только расход в системе устанавливался, резко закрывали ударный клапан. В результате резкого торможения потока жидкости возникает скачок давления. Под действием данного повышения давления часть жидкости выдавливается через обратный клапан 5 в гидроаккумулятор 8. В результате с каждым закрытием ударного клапана 3 происходит закачивание жидкости в гидроаккумулятор 8 и вес его увеличивается. Вес гидроаккумулятора 8 с водой первоначально регистрировался после каждого закрытия ударного клапана. Но ввиду того, что повышение веса гидроаккумулятора было соизмеримо с погрешностью весов, было принято решение снимать показания весов после серии гидроударов (рис. 2) и усреднять их внутри данной серии.

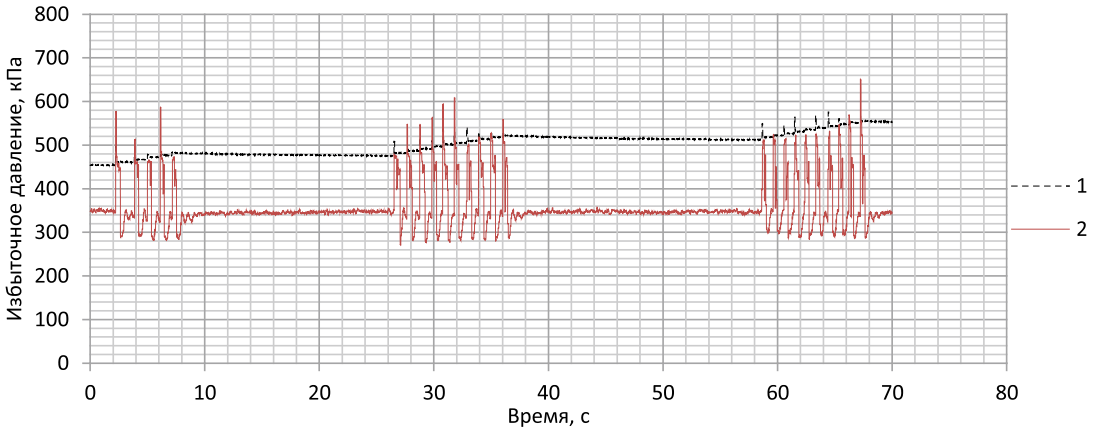



*Рис. 2. Изменение давления в гидроаккумуляторе (1) и напорном трубопроводе (2) во время эксперимента (расход 2 м³/ч)*

Данный метод косвенного измерения в дальнейшем не использовался, так как погрешность измерения была соизмерима с величиной полезного сигнала, что, возможно, связано с упругостью резиновой груши внутри гидроаккумулятора и теплообменом с поверхностью гидроаккумулятора. В дальнейшем использовался метод непосредственного измерения веса гидроаккумулятора. Объем гидроаккумулятора составлял 20 л. Давление измерялось в трубопроводе перед ударным клапаном и непосредственно перед входом в гидроаккумулятор после обратного клапана. Трубопровод от коллектора до ударного узла выполнен из труб PPR 25, армированных стекловолокном, длина трубопровода 8,97 м, длина труб после ударного клапана 1,72 м. Была проведена серия экспериментов по определению веса жидкости, выдавливаемой через обратный клапан 5 в гидроаккумулятор 8 за один гидроудар, при различном соотношении давлений жидкости в гидроаккумуляторе и в напорном трубопроводе. На основании экспериментальных данных построены графики (рис. 3) зависимости массы воды, нагнетаемой в гидроаккумулятор 8, от отношения давлений в трубопроводе и гидроаккумуляторе для различных величин установившегося расхода при открытом ударном клапане. В экспериментах частота закрытия ударного клапана составляла ≈1 (0,96÷1,13) Гц, поэтому, исходя из графика (рис. 3), несложно определить расход воды, нагнетаемой через об-

ратный клапан при необходимом давлении нагнетания. Из представленных графиков видно, что при достижении определенного значения соотношения давлений (для фиксированного расхода), масса воды, нагнетаемой в гидроаккумулятор за один гидроудар, практически не изменяется.

Персонально в исследованиях использовался армированный водопроводный рукав с гайками. В дальнейшем он был заменен на более упругий рукав большего диаметра. В результате обработки экспериментальных данных установлено, что с заменой рукава производительность тарана увеличилась, что, скорее всего, связано с гидравлическим и инерционным сопротивлением рукава. Поэтому в фактической конструкции гидравлического тарана, когда гидроаккумулятор установлен непосредственно на трубопроводе, фактическая его производительность будет еще больше.

Произведем расчет объема воды, подаваемой в гидроаккумулятор, во время периода нагнетания для нескольких точек графика (рис. 3) в соответствии с методикой, представленной в [2]. Объем воды, нагнетаемой в гидроаккумулятор, м$^3$:

$$q = \frac{\omega l}{2au}\left(k^2\upsilon_c^2 - u^2\right), \qquad (*)$$

где ω – площадь поперечного сечения трубопровода, м$^2$, $l$ – длина питательного трубопровода, м, $u$ – волновое изменение скорости, м/с, $\upsilon_c$ – установившаяся скорость течения воды, м/с, $k$ – коэффициент разгона, $a$ – скорость распространения волны гидроудара, м/с.

Расчетная скорость распространения волн гидроудара 400 м/с. Данная величина получена по формуле Н.Е. Жуковского при условии, что объемный модуль упругости воды $K = 19{,}6\cdot10^8$ Па, модуль упругости материала стенок трубопровода (полипропилен) $E = 8{,}5\cdot10^8$ Па. Волновое изменение скорости рассчитывается по выражению $u = gh_д/a$. Значение динамического нагнетательного напора $h_д$ определяется на основании экспериментальных данных, величины установившегося расхода, давлений в подающем и обратном коллекторах, а также давления в гидроаккумуляторе. Величина коэффициента разгона считается равной единице в связи с тем, что ударный клапан закрывался после того, как расход в системе достигал установившегося значения. Величина установившейся скорости определяется исходя из величины установившегося расхода. Толщина стенки трубопровода 3,5 мм. Результаты расчета объема воды, нагнетаемой в гидроаккумулятор, при установившемся расходе 2 м$^3$/ч представлены в виде графика (рис. 4).

Для сопоставления экспериментальных и расчетных данных зависимостей объема воды, нагнетаемой в гидроаккумулятор за один гидроудар, от отношения давлений в гидроаккумуляторе и трубопроводе перед ударным клапаном, построены графики, которые представлены на рис. 4.

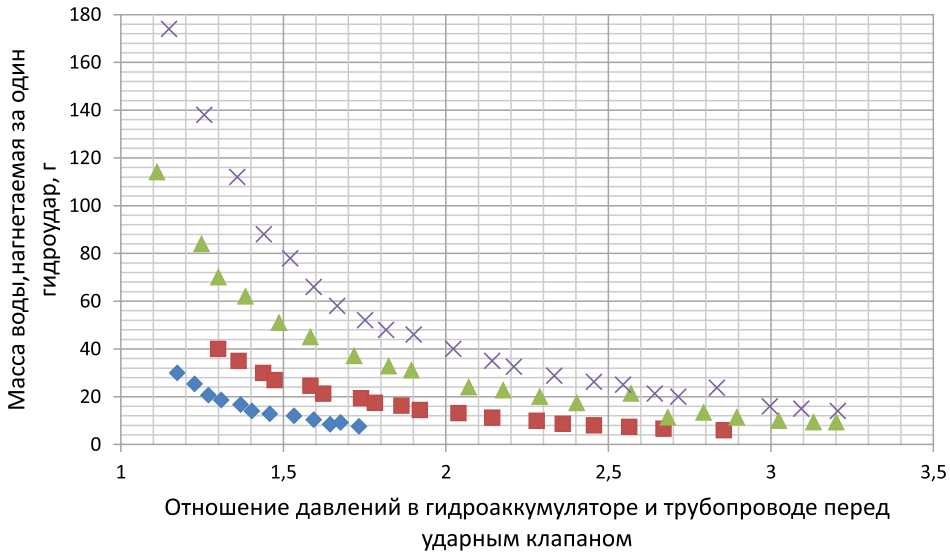



*Рис. 3. Зависимости веса жидкости, выдавливаемой через обратный клапан за один гидравлический удар, от отношения давлений в гидроаккумуляторе и трубопроводе перед ударным клапаном*

*♦ – 1, 015 м$^3$/ч, ■ – 1,497 м$^3$/ч, ▲ – 2,003 м$^3$/ч, × – 2,495 м$^3$/ч*

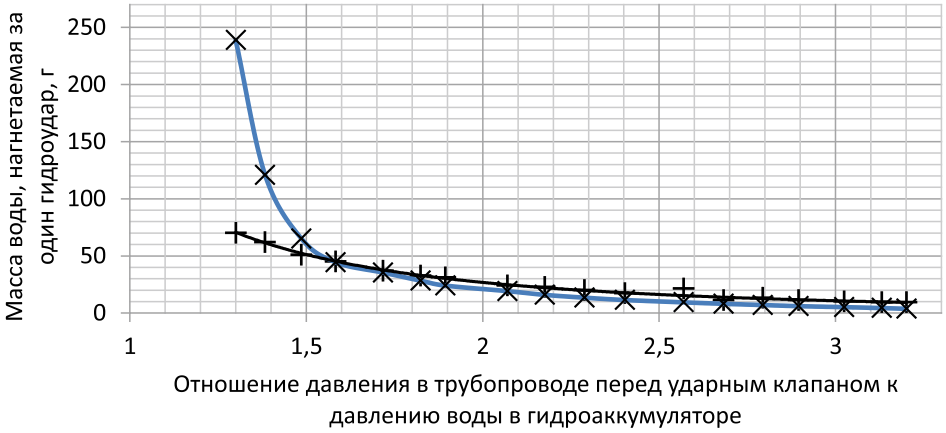



*Рис. 4. Зависимости веса жидкости, выдавливаемой через обратный клапан за один гидравлический удар при расходе 2 м³/ч*

*× – расчетные данные, + – экспериментальные данные*

Из данных графиков следует, что при соотношении давлений в трубопроводе перед ударным клапаном к давлению воды в гидроаккумуляторе менее 1,5 формула (*) дает значительную погрешность. В [2] рекомендуемое соотношение давлений более 2 для надежной бесперебойной работы гидравлического тарана. Пользоваться методикой [2] при соотношении давлений менее 1,5 не рекомендуется, но работоспособность ее сохраняется при использовании преобразователя потока с приводом.

## Выводы

Использование гидравлического тарана в ИТП возможно, но рекомендуется установка преобразователя потока с приводом. Производительность гидравлического тарана (количество жидкости, подаваемой в гидроаккумулятор при постоянном давлении в нем) в закрытой системе и фиксированной длине трубы зависит от расхода (скорости) жидкости и соотношения давлений в гидроаккумуляторе и трубопроводе. Имеется предел целесообразного повышения давления нагнетания (при дальнейшем повышении давления производительность меняется незначительно). Возможно использование гидравлического тарана в ИТП в качестве повысительного насоса. Использование одноконтурного гидравлического тарана вместо элеваторного узла в ИТП невозможно в связи с низким коэффициентом смешения. Пользоваться методикой расчета тарана, представленной в [2], без поправок рекомендуется при соотношении давлений нагнетания к давлению в питательной трубе более 1,5.

Допущения, принятые в работе:

1. Объем гидроаккумулятора считается настолько большим, что объем воды, нагнетаемый в него за один гидроудар, вызывает настолько малое повышение давления, что им можно пренебречь.

2. Гидравлическое сопротивление гибкого соединения (рукава) от обратного клапана до гидроаккумулятора настолько мало, что им можно пренебречь.

## Список литературы

1. Левцев А.П. Импульсные системы тепло-, водоснабжения сельскохозяйственных объектов / А.П. Левцев, С.Ф. Кудашев, А.Н. Макеев // Вестник ФГОУ ВПО «Московский государственный аграрный университет имени В.П. Горячкина». – 2010. – № 2 (41). – С. 91–95.

2. Овсепян В.М. Гидравлический таран и таранные установки / В.М. Овсепян. – М.: Машиностроение, 1968. – 124 с.

3. Levtsev A.P., Makeev A.N., Kudashev S.F. Pulsating heat transfer enhancement in the liquid cooling system of power semiconductor converter. Indian Journal Of Science And Technology, 2016. vol. 9. № 11. P. 89–98.

4. Пурдин М.С. Исследование пульсирующего ламинарного течения в прямоугольном канале / М.С. Пурдин, Е.П. Валуева // Двадцать вторая международная научно-техническая конференция «Радиоэлектроника, электротехника и энергетика»: тезисы докладов XXII Международной научно-технической конференции студентов и аспирантов: в 3-х т. – М.: Издательский дом МЭИ, 2016. – Т. 1. – С. 290.

5. Хаббибулина А.И. Исследование теплоотдачи в коридорном пучке труб при наложении на поток противоточных несимметричных низкочастотных пульсаций / А.И. Хаббибулина, А.Р. Хайруллин, А.А. Синявин, В.К. Ильин // Современная наука: исследования, идеи, результаты, технологии. – 2013. – № 1. – С. 312–315.

6. Большунова М.Л. Разработка энергоэффективных систем транспортировки молока на животноводческих фермах / М.Л. Большунова, В.В. Крисанов // Международный технико-экономический журнал. – 2014. – № 5. – С. 72–76.

7. Пат. РФ № 177025, МПК F15B21/12. Ударный узел / А.П. Левцев, А.Н. Макеев, А.А. Голянин, К.А. Миндров; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – № 2017117262, заявл. 18.05.2017; опубл. 06.02.2018, Бюл. № 4.

8. Пат. РФ № 177657, МПК F15B21/12. Устройство для создания гидравлического удара / Макаров Р.А., Имеряков А.В., Бояркин В.В., Нарватов Я.А., Макеев А.Н., Левцев А.П.; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва». – № 2017117283; заявл. 10.07.2017; опубл. 05.03.2018, Бюл. № 7.

УДК 621.03:621.9.01

# ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ РАЗМЕРНЫХ СВЯЗЕЙ НА ФОРМИРОВАНИЕ ПРОЦЕССА ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

**Лелюхин В.Е., Игнатьев Ф.Ю., Колесникова О.В.**

*ФГАОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», Владивосток, e-mail: miis@mail.ru*

Геометрическая конфигурация детали в трехмерном пространстве описывается множеством элементарных поверхностей и комплексом координирующих размерных связей между ними. Для представления геометрической конфигурации деталей с учетом состава поверхностей и структуры их взаимосвязей в работе предлагается использовать отображение положения каждой поверхности в трехмерном пространстве в виде шестимерного вектора с указанием фиксируемых степеней свободы. Формально комплекс координирующих размерных связей между поверхностями для каждой степени свободы удобно описывать связным ациклическим графом. Количество вариантов структур координирующих размерных связей определяется по формуле Кэли, как количество остовных деревьев на множестве вершин. Строго говоря, каждое остовное дерево предопределяет полный набор возможных схем базирования детали при обработке поверхностей. В статье описываются результаты исследований комбинаций структур размерных связей, моделирующих последовательную обработку всего комплекса поверхностей детали. Для этой цели использован алгоритм формального синтеза схем обработки детали на основе определения необходимого и достаточного для ориентации обрабатываемой поверхности количества смежных вершин в пространстве шести степеней свободы. Исследования показали, что сходимость алгоритма обеспечивается только при условии наличия связей между вершинами, смежными с неиспользуемой черновой базой из числа конкурирующих в направлении поворота вокруг координатной оси.

**Ключевые слова: машиностроение, металлорежущие станки, технологический процесс, моделирование обработки, проектирование технологии**

# INFLUENCE OF STRUCTURE FUNCTIONAL RELATIONSHIPS IN THE FORMATION PROCESS OF MACHINING PARTS

**Lelyukhin V.E., Ignatev F.Yu., Kolesnikova O.V.**

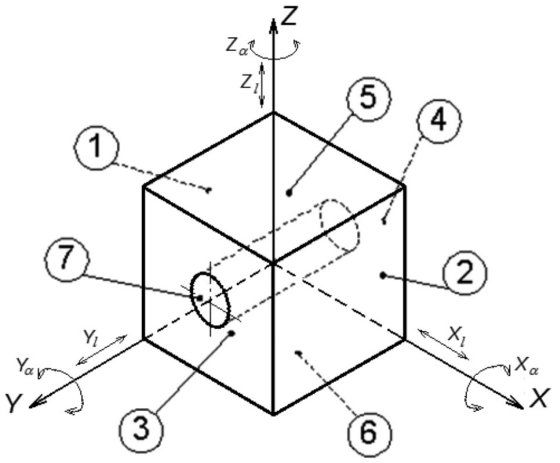
*Far-Eastern Federal University, Vladivostok, e-mail: miis@mail.ru*

The geometric configuration of the part in three-dimensional space is described by a set of elementary surfaces and coordinating the complex functional relationships between them. To represent the geometrical configuration of machine parts can be use the space of six degrees of freedom. To represent the geometrical configuration of machine parts can be use the space of six degrees of freedom. For each degree of freedom of coordinating the complex functional relationships between the surfaces is convenient to describe a connected acyclic graph. Each coordinating structure functional relationships is a spanning tree. Cayley formula determines the number of spanning trees on a set of vertices. Strictly speaking, each spanning tree determines the complete set of possible schemes based on the details in surfaces. The article describes the results of studies of combinations of structures, functional relationships, modeling sequential processing of the entire complex of surface detail. For this purpose, the used algorithm of formal synthesis of circuits of processing details on the basis of determining necessary and sufficient for orientation of the treated surface of the number of adjacent vertices in space six degrees of freedom. Studies have shown that the convergence of the algorithm is ensured only subject to the availability of links between the vertices adjacent to unused rough basis of the number of contending in the direction of rotation around the coordinate axis.

**Keywords: engineering, machine tools, technological process, machining simulation, design technology**

Основными задачами, которые решаются при проектировании технологических процессов механической обработки, являются: определение способа отделения материала от заготовки, условий обеспечения свойств материала и геометрической формы [1]. Геометрический образ детали можно представить в виде множества различных поверхностей, взаимосвязанных между собой. Практически любую сложную поверхность можно аппроксимировать совокупностью элементарных поверхностей, к которым авторы относят цилиндр, плоскость, сферу [1].

Для представления геометрической формы деталей с учетом состава поверхностей и структуры их взаимосвязей в работе предлагается использовать отображение положения каждой поверхности в трехмерном пространстве в виде шестимерного вектора с указанием фиксируемых степеней свободы $\{X_l, Y_l, Z_l, X_\alpha, Y_\alpha, Z_\alpha\}$ [1]. При этом необходимо комплексно рассматривать весь комплекс размерных связей между поверхностями одновременно для всех указанных степеней свободы. Взаимосвязи между поверхностями удобно представлять в виде графов, где вершины графа – это элементарные поверхности, а ребра – размерные связи. Тогда с учетом требований к размерным связям в пределах каждой степени свободы имеем связный и ациклический граф или остовное дерево [2]. Полное число вариантов определяется с помощью формулы А. Кэли как количество остовных деревьев в полном графе на $n$ вершинах равно $n^{n-2}$ [3, 4].




*а)*

| плоск. 1 и 2 | X | Y | Z |
|---|---|---|---|
| l | 1 | 0 | 0 |
| α | 0 | 1 | 1 |

| плоск. 5 и 6 | X | Y | Z |
|---|---|---|---|
| l | 0 | 0 | 1 |
| α | 1 | 1 | 0 |

| плоск. 3 и 4 | X | Y | Z |
|---|---|---|---|
| l | 0 | 1 | 0 |
| α | 1 | 0 | 1 |

| цил. 7 | X | Y | Z |
|---|---|---|---|
| l | 1 | 0 | 1 |
| α | 1 | 0 | 1 |

*б)*

*Рис. 1. Конфигурация объекта с обозначением поверхностей (а); представление положения поверхностей в виде шестиклеточных таблиц (б)*

На рис. 1, а, показана деталь, геометрическая форма, которой определяется как замкнутая часть пространства, ограниченная пересечением семи поверхностей. Положение каждой элементарной поверхности детали (рис. 1, а) представлено в виде шестиклеточной таблицы, характеризующей фиксацию (обозначена единицей) соответствующей степени свободы (рис. 1, б) [4, 5]. В соответствии с формулой Кэли общее количество вариантов корректной расстановки размерных связей, определяющих положение каждой поверхности, составляет 2 250 000.

Не всегда варианты расстановки (структуры) размерных связей обеспечивают сходимость алгоритма формального синтеза схем обработки детали, при условии последовательного использования обработанных поверхностей в качестве технологической базы [4, 6, 7].

*Постановка задачи и исходные условия*

При выполнении исследований задача заключалась в проверке сходимости алгоритма формирования последовательности смены комплектов баз для ряда вариантов задания размерных связей между поверхностями геометрического объекта в трехмерном пространстве.

В качестве метода исследования выполнялось моделирование процесса обработки с помощью алгоритма направленного поиска реально существующих сторон, которые могут быть использованы в качестве баз для ориентации детали при обработке её поверхностей [1].

Условиями, ограничивающими пространство поиска решений в рассматриваемой задаче, являются следующие постулаты:

1) при обработке детали можно использовать не более 3-х черновых баз;

2) используемые черновые базы должны быть смежными (непосредственно связанными размерной связью) с обрабатываемыми поверхностями;

3) любую черновую базу можно использовать один раз;

4) фиксируемые черновыми базами совокупности степеней свободы не могут пересекаться (повторяться).

В качестве исходного геометрического объекта для исследований использовался образ детали с размерными связями между поверхностями, показанный на рис. 2, а. Графы размерных связей для конфигурации этой детали изображены на рис. 2, б. Отметим, что любой граф с индексом α α из числа $X_\alpha$, $Y_\alpha$, $Z_\alpha$ (угловые размерные связи) является результатом исключающей суммы двух не одноимённых графов с индексом $l$ (линейные размерные связи), например, граф в направлении $Y_\alpha$ получается как сумма графов $X_l$, и $Z_l$, *с* исключением повторяющейся вершины *7* и всех инцидентных ей связей (рис. 2, б) [1, 4].

На рис. 2, б, видно, что все графы в направлениях $X_\alpha$, $Y_\alpha$, $Z_\alpha$ несвязны, причем отсутствуют связи между взаимно перпендикулярными комплексами поверхностей, что исключает использование формальных алгоритмов поиска схем обработки детали. Поэтому указанные графы необходимо превратить в графы деревья [1, 2]. Для этих це-

лей существует несколько вариантов. Так, в направлении $X_\alpha$ можно указать 6 вариантов простановки недостающей связи, в направлении $Y_\alpha$ – 4 варианта и в направлении $Z_\alpha$ – 6 вариантов.

В статье описываются результаты исследований поиска комбинаций структур размерных связей, обеспечивающих сходимость алгоритма формального синтеза схем обработки детали.

*Моделирование смены баз при обработке поверхностей детали*

Процедура моделирования обработки сторон детали и, соответственно, определения последовательности смены комплектов баз заключается в последовательном «переводе» обрабатываемых сторон из состояния необработанных (несуществующих) в состояние обработанных (реально существующих). Информационной основой для определения возможности обработки той или иной поверхности служит комплекс размерных связей по всем шести степеням свободы в трехмерном пространстве.

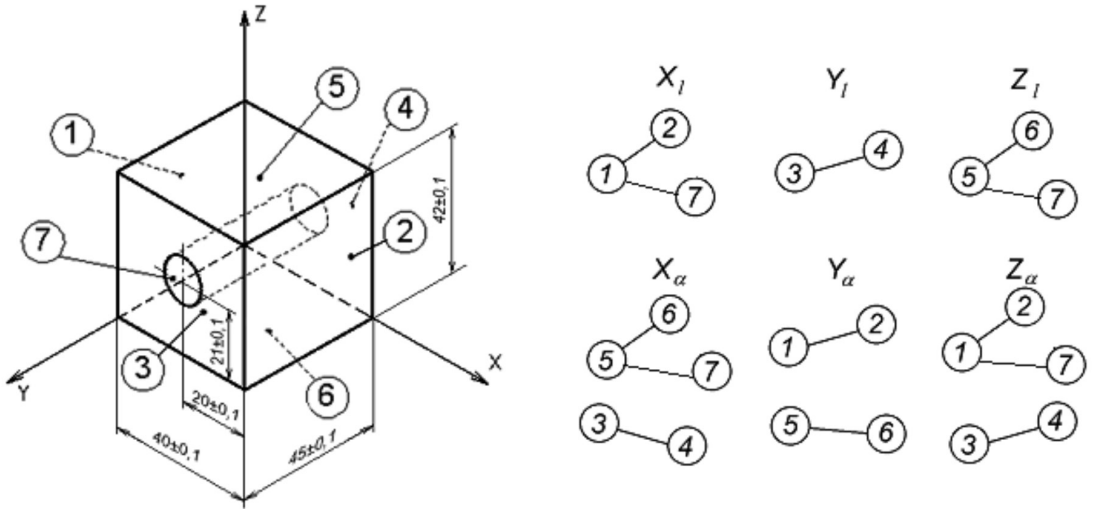
Первоначально весь комплекс поверхностей от 1 до 7 является необработанным, что не позволяет использовать какие-либо из указанных поверхностей в качестве исходных баз. Поэтому для моделирования процесса обработки поверхностей детали добавим дополнительно три черновых поверхности 2, 3 и 5 ч (условно параллельных обрабатываемым поверхностям с соответствующими номерами 2, 3 и 5), которые связаны размерами с поверхностями 1, 4 и 6 соответственно.

С учетом того, что каждая из черновых плоскостей 2, 3 и 5 ч может обеспечить фиксацию 3-х степеней свободы, суммарное количество базирующих точек получится равным девяти, в то время как в трехмерном пространстве существует только шесть степеней свободы и, соответственно, шесть базирующих точек (связей). Исходя из того, что две любые взаимно перпендикулярные плоскости при условии обеспечения полной определенности базирования конкурируют между собой при фиксации поворота вокруг линии их пересечения и могут лишить объект только пяти степеней свободы, необходимо выбрать, какая из этих плоскостей должна фиксировать три, а какая только две степени свободы [1].

Принцип формирования последовательности обработки показан на примере структуры размерных связей, представленной на рис. 3. Пунктиром обозначены связи, добавленные в граф, изображенный на рис. 2, б.

Процедура поиска решения заключается в последовательном рассмотрении столбцов матрицы до момента, когда поэлементная логическая сумма ячеек (необработанных поверхностей) матрицы совпадет с диагональной ячейкой [1].

На рис. 4 видно, что при использовании в качестве базы поверхности 2Ч можно получить поверхность 1. После обработки поверхности 1 столбец с номером 1 удаляется, а строчка переносится в верхнюю часть таблицы.




*а)* *б)*

*Рис. 2. Деталь с нанесенными координирующими размерами (а) и соответствующие графы размерных связей (б)*

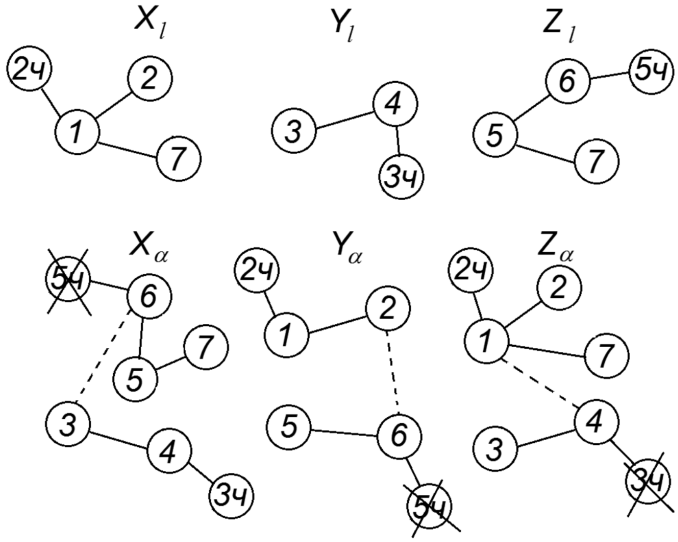



*Рис. 3. Графы размерных связей*

| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Реальные | 2ч | 1 0 0<br>0 1 1 | | | | | | |
| | 3ч | | | | 0 1 0<br>1 0 0 | | | |
| | 5ч | | | | | | 0 0 1<br>0 0 0 | |
| Обрабатываемые | 1 | 1 0 0<br>0 1 1 | 1 0 0<br>0 1 1 | | 0 0 0<br>0 0 1 | | | 1 0 0<br>0 0 1 |
| | 2 | 1 0 0<br>0 1 1 | 1 0 0<br>0 1 1 | | | | 0 0 0<br>0 1 0 | |
| | 3 | | | 0 1 0<br>1 0 1 | 0 1 0<br>1 0 1 | | 0 0 0<br>1 0 0 | |
| | 4 | 0 0 0<br>0 0 1 | | 0 1 0<br>1 0 1 | 0 1 0<br>1 0 1 | | | |
| | 5 | | | | | 0 0 1<br>1 1 0 | 0 0 1<br>1 1 0 | 0 0 1<br>1 0 0 |
| | 6 | | 0 0 0<br>0 1 0 | 0 0 0<br>1 0 0 | | 0 0 1<br>1 1 0 | 0 0 1<br>1 1 0 | |
| | 7 | 1 0 0<br>0 0 1 | | | | 0 0 1<br>1 0 0 | | 1 0 1<br>1 0 1 |

*Рис. 4. Исходная матрица смежности*

Далее, как видно на рис. 4, после получения поверхности 1 в столбце 2 появилась таблица, покрывающая диагональную, в столбце и строке с номером 2. Тогда использованием в качестве базы реальной поверхности 1, можно получить поверхность 2 и перенести полученную поверхность в верхнюю часть матрицы.

На следующем шаге, проверяя по столбцам соответствие шестиклеточных таблиц верхней части матрицы диагональным, можно видеть, что появляется соответствие в столбце 4. Здесь поэлементная логическая сумма реальных поверхностей 3 ч и 1 обеспечивает фиксацию, необходимую для получения поверхности 4. При получении поверхности 4 появляется совпадение в столбце 3, что позволяет получить поверхность 3, используя в качестве базы реальную поверхность 4.

На рис. 5 видно, что существует только один столбец с номером 6, в верхней части

которого существуют шестиклеточные таблицы (5 ч, 2, 3), логическое сложение которых совпадает с диагональной ячейкой в стоке и столбце с номером 6. Таким образом, на следующем шаге имеется возможность обработки поверхности 6. Получение поверхности 6 позволяет получить поверхность 5, используя в качестве базы уже полученную реальную поверхность 6.

В столбце 7 существуют реальные поверхности 1 и 5, логическое сложение которых совпадает с табличкой в строке 7. Таким образом, смоделирована обработка последней поверхности, что означает сходимость алгоритма для рассмотренного варианта структуры размерных связей.

Аналогичным образом рассмотрены все возможные варианты расстановки размеров для обеспечения связности графов, показанных на рис. 3. Результаты моделирования показывают, что сходимость алгоритма обеспечивается только при условии наличия связей между вершинами, смежными с неиспользуемой черновой базой из числа конкурирующих в направлении поворота вокруг координатной оси.

| | | 5 | 6 | 7 |
|---|---|---|---|---|
| Реальные | 2ч | | | |
| | 3ч | | | |
| | 5ч | | 0 0 1<br>0 0 0 | |
| | 1 | | | 1 0 0<br>0 0 1 |
| | 2 | | 0 0 0<br>0 1 0 | |
| | 3 | | 0 0 0<br>1 0 0 | |
| | 4 | | | |
| Обрабатыв. | 5 | 0 0 1<br>1 1 0 | 0 0 1<br>1 1 0 | 0 0 1<br>1 0 0 |
| | 6 | 0 0 1<br>1 1 0 | 0 0 1<br>1 1 0 | |
| | 7 | 0 0 1<br>1 0 0 | | 1 0 1<br>1 0 1 |

*Рис. 5. Матрица смежности после 4 шага*

*Обсуждение результатов моделирования смены баз при обработке поверхностей*

Процедура моделирования обработки сторон детали и определения последовательности смены комплектов баз была проведена для различных вариантов связей графов $X_\alpha$, $Y_\alpha$, $Z_\alpha$ и их сочетаний. В ходе проведения экспериментов было выявлено, что использование формальных методов синтеза комплектов баз и определения последовательности их смены возможно только при определенных сочетаниях графов $X_\alpha$, $Y_\alpha$, $Z_\alpha$ и их связей.

Алгоритм позволяет получить последовательность обработки поверхностей детали в случае наличия связи между вершиной, смежной с вычеркнутой черной поверхностью и вершинами графа, содержащего не вычеркнутую черную поверхность (рис. 3). Выявленная закономерность требует дальнейшего изучения и доказательства. Тем не менее полученный результат позволяет сделать следующий шаг в развитии теории формального синтеза технологического процесса изготовления деталей в машиностроении.

*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки Российской Федерации по Государственному контракту № 02.G25.31.0173.*

**Список литературы**

1. Лелюхин В.Е., Колесникова О.В., Игнатьев Ф.Ю. Исследование влияния структуры размерных связей на возможность обработки детали // Актуальные вопросы современной науки. – Владивосток: ДВЦИТ, 2018. – С. 3–27.

2. Оре О. Теория графов. Пер. с англ. Изд. 2-е. – М.: Либроком, 2009. – 354 с.

3. Cayley A. A theorem on trees. Quart. J. Pure Appl. Math., 23 (1889), 376–378; Collected Mathematical Papers, Vol. 13, Cambridge University Press, 1897, 26–28.

4. Лелюхин В.Е., Колесникова О.В. Анализ и расчет размерных цепей на основе графов размерных связей // Вестник ИШ ДВФУ. – 2015. – № 4. – С. 3–12.

5. Ma Y.-S., Chen G., Thimm G. Paradigm shift: unified and associative feature-based concurrent and collaborative engineering // Journal of Intelligent Manufacturing. December 2008. Vol. 19, Iss. 6. P. 625–641.

6. Thimm G., Britton G.A., Fok S.C. A graph theoretic approach linking design dimensioning and process planning Part 1: Designing to process planning. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2004. № 24(3–4), P. 261–271. DOI: 10.1007/s00170-003-1683-1.

7. Legoff O., Hascoet J.-Y. Technological form Defects Identification Using Discrete Cosine Transform Method. International Journal of Advanced Manufacturing Technology, 2010, December, pp. 52–58.

УДК 725.8

# ТИПОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ АРХИТЕКТУРЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ТЕАТРАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ

**Макарова Е.Е.**

*ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», Москва, e-mail: makarovaketi@yandex.ru*

В настоящее время культурная среда становится ключевым понятием современного общества. Государственная политика в сфере культуры направлена на развитие и реализацию культурного и духовного потенциала каждой личности и общества в целом. Современный этап развития театрального дела, как в мире, так и в России, характеризуется повышенным интересом общества к объектам, предлагающим широкий спектр услуг. На территории Российской Федерации существуют в основном репертуарные театры, которые не имеют сервисной инфраструктуры, приносящей доход. Фонд отечественных театральных зданий в большинстве составляют театры, расположенные в исторических постройках. Актуальность темы определена стремлением многих культурно-зрелищных учреждений, в частности театров, создать соответствующее для полного удовлетворения запросов населения, привлекающее посетителей современное пространство. В статье рассматривается архитектура экспериментального театрального центра (ЭТЦ), как нового полифункционального объекта, который обладает современными внешними характеристиками, функциональными и технологическими свойствами. Новация заключается в создании актуальными способами и средствами типологически нового объекта, формирующегося на классическом представлении театра. Целью данной работы является разработка типологических особенностей формирования архитектуры для создания объемно-пространственного решения объекта данного типа. Автором, на основе выявленных особенностей, сформулированы принципы проектирования экспериментального театрального центра в структуре крупного города: многофункциональность, вариабельность композиционной схемы, трансформируемость, универсальность. Результаты исследования могут быть использованы в создании программ-заданий, методических рекомендаций, нормативных документов; в курсовых и дипломных работах в высших архитектурных учебных заведениях; в проектах, строительстве современных театральных зданий и реконструкции существующих.

**Ключевые слова: современная архитектура, типология, проектирование, общественное здание, культурно-зрелищное учреждение, экспериментальный театральный центр, многофункциональный зал-трансформер**

# EXPERIMENTAL THEATER CENTERS' TYPOLOGICAL ARCHITECTURE FEATURES FORMATION

**Makarova E.E.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Learning State University of land use planning, Moscow, e-mail: makarovaketi@yandex.ru*

At present, the cultural environment becomes a key concept of modern society. State policy in the sphere of culture is aimed at developing and realizing the cultural and spiritual potential of each individual and society as a whole. The modern stage of development of the theatrical business, both in the world and in Russia, is characterized by an increased interest of the society towards objects offering a wide range of services. On the territory of the Russian Federation there are mainly repertory theaters, which do not have a service infrastructure that generates revenue. The fund of domestic theatrical buildings in the majority make up the theaters located in historical buildings. The relevance of the topic is determined by the desire of many cultural and entertainment institutions to create an appropriate modern space for the full satisfaction of the population's requests. The article deals with the architecture of the experimental theater center (ETC) as a new polyfunctional object that has modern external characteristics, functional and technological properties. The innovation consists in the creation, by actual methods and means, of a typologically new object, formed on the classical representation of the theater. The purpose of this work is the development of typological features of the formation of an architecture for creating a space-planning solution of an object of this type. The author, on the basis of the revealed features, formulated the principles of designing an experimental theater center in the structure of a large city: multifunctionality, the variability of the composition scheme, the transformability, universality. The results of the research can be used in: creating task programs, methodological recommendations, normative documents; course and diploma work in higher architectural educational institutions; projects, construction of modern theater buildings and reconstruction of existing ones.

**Keywords: modern architecture, typology, design, public building, cultural and entertainment institution, experimental theatre center, multifunctional transforming hall**

В настоящее время культурная среда становится ключевым понятием современного общества. Государственная политика в сфере культуры направлена на развитие и реализацию культурного и духовного потенциала каждой личности и общества в целом [1]. Современный этап развития театрального дела, как в мире, так и в России, характеризуется повышенным интересом общества к объектам, предлагающим широкий спектр услуг посетителям. В статье рассматривается архитектура экспериментального театрального центра (ЭТЦ), как нового полифункционального объекта, который обладает современными внешними характеристиками, функциональными и технологическими свойствами.

Целью данной работы является разработка типологических особенностей формирования архитектуры для создания объемно-пространственного решения объекта данного типа.

Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: провести анализ зарубежного и отечественного опыта проектирования и строительства театров; на основе изученного опыта выявить типологические особенности формирования архитектуры экспериментальных театральных центров и факторы, влияющие на размещение театральных центров в структуре города; разработать модели экспериментальных театральных центров. Новация заключается в создании актуальными способами и средствами типологически нового объекта, формирующегося на классическом представлении театра.

## Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования рассматривается архитектура экспериментальных театральных центров. Методы исследования – комплексный анализ исторического и современного опыта архитектурной теории и проектной практики театрального строительства. Инструментарий исследования включает: анализ и обобщение опыта строительства театральных зданий; натурные изыскания с визуальным наблюдением и фотофиксацией; расчетные показатели и статические данные; сравнительный анализ проектно-графических материалов; типологический метод и нормативный подход; системный анализ, позволяющий рассматривать во взаимосвязи различные факторы формирования и развития объектов культурно-зрелищного назначения; экспериментальное проектирование.

## Результаты исследования и их обсуждение

Анализ существующей практики проектирования и строительства многофункциональных театральных зданий за рубежом показал большое разнообразие градостроительных условий проектирования, объемно-планировочной структуры зданий, функциональных характеристик, технологического обеспечения, фасадного решения.

Чтобы расширить диапазон использования объектов исполнительского искусства, сделать их более универсальными и привлекательными для посетителей, их пространство все чаще совмещают с другими общественными местами, такими как учебные заведения, кинотеатры, офисные здания [2].

На территории Российской Федерации существуют в основном репертуарные театры, которые не имеют сервисной инфраструктуры, приносящей доход. Фонд отечественных театральных зданий в основном составляют театры, расположенные в исторических постройках. За минувшие годы только в крупных городах страны были проведены реконструкция старых театров (Московский театр на Таганке, Театр Сатиры, Театр «Модерн», Гоголь-центр и др.) и приспособление существующих зданий различного назначения под театры (Геликон-опера, Театрально-культурный центр им. Вс. Мейерхольда, Театральный центр «Вишневый сад» и др.), проектирование и строительство новых зданий театров совершается в меньших размерах и медленнее (Филиал МХТ им. Чехова, Мастерская Петра Фоменко, Мариинский театр – 2 и др.) (рис. 1).

Однако в ситуации растущего распространения средств массовой информации, многообразия и популярности различных направлений массовой культуры театр может оставаться конкурентоспособным, сохранять свою родовую самоценность, социальную и художественную видовую незамещенность, способность к мобильному и гибкому саморазвитию [3].

Противоречия, образующиеся между существующими решениями театральных зданий и современными требованиями целевого назначение объекта – недостаточное технологическое оборудование, рабочее время театрального пространства, спектр предложений для проведения досуга зрителями, необходимость ярко выраженной архитектуры, расположение в структуре города.

Эти вопросы привлекают внимание многих зарубежных и отечественных ученых и архитекторов. Среди них можно отметить работы: Ю.П. Гнедовского, А.В. Анисимова, В.Д. Красильникова, Г.Б. Бархина, К.А. Смолиной, В.П. Генералова, В.Н. Дмитриевского, А.В. Висловой, А.Ю. Воробьева, В.Е. Быкова.

Актуальность темы определена стремлением многих отечественных культурно-зрелищных учреждений, в частности театров, создать соответствующее для полного удовлетворения запросов населения, привлекающее посетителей современное пространство. Это пространство должно являться не просто площадкой для театральных спектаклей, а стать местом для проведения досуга, кинопоказов, концертов, общественно-праздничных мероприятий, банкетов и балов, научных и политических мероприятий. Для него будет характерна мобильность, гибкость, адаптивность и универсальность. Таким образом, появляется предложение по созданию современного театрального здания нового типа, включающего в себя различные дополнительные функции, формирующегося на классическом представлении театра.

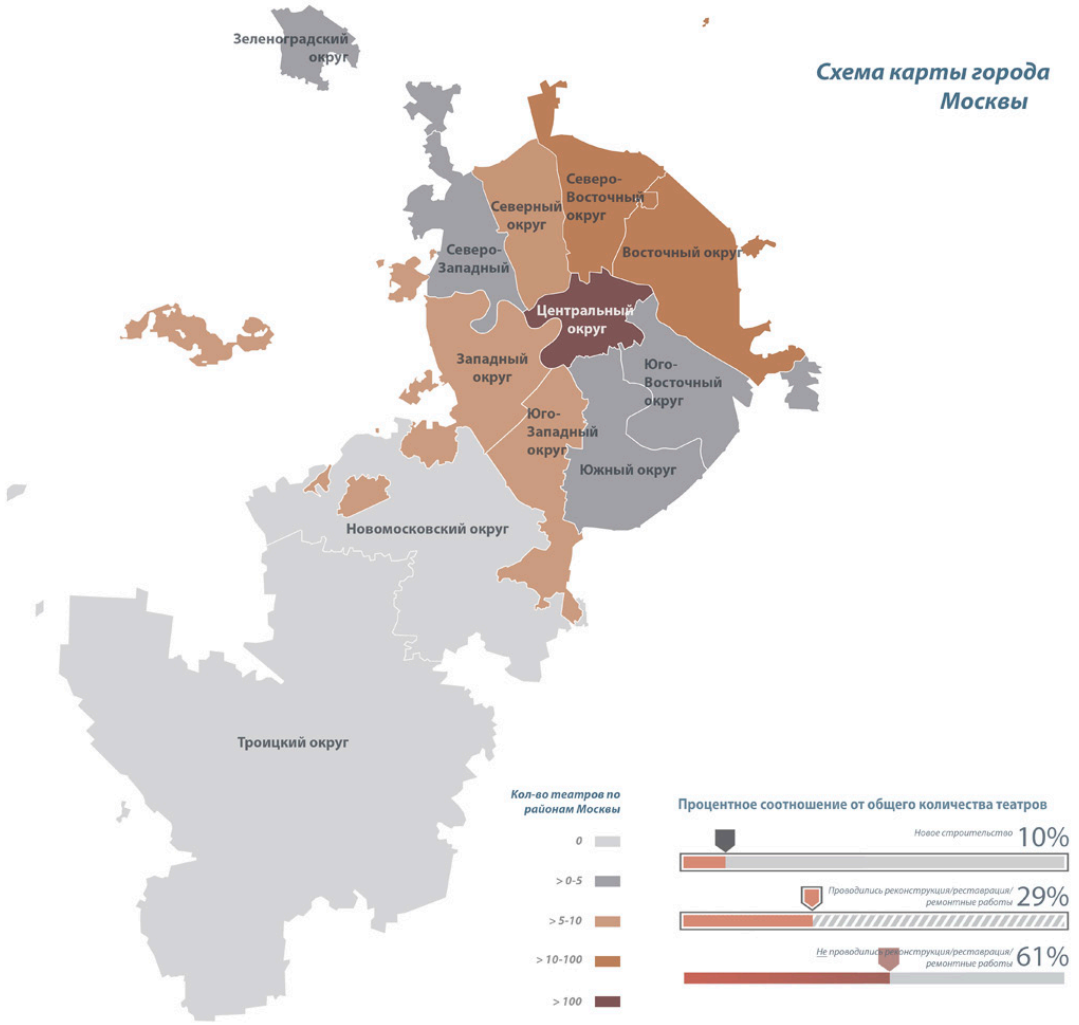



*Рис. 1. Статистические данные по театрам и их количеству в районах Москвы*

Экспериментальный театральный центр (ЭТЦ) – зрелищный объект полифункционального назначения, совмещающий главный вид деятельности – театральный, вспомогательные – образовательный, досуговый, выставочный [4]. Он обладает современными внешними характеристиками, функциональными и технологическими свойствами. Благодаря увеличенному графику работы, центр вовлекает в свое пространство людей разных возрастных групп, социального статуса, профессии не только в часы вечерних представлений, но и на протяжении всего дня.

Достижение архитектуры подобно постановке театра: успешный результат зависит от сотрудничества. Для создания театральной архитектуры необходим альянс экспертов: архитекторов, дизайнеров, театральных технологов, акустиков, инженеров, режиссеров, продюсеров, исполнителей и др. Взаимодействие их усилий и места, в котором они находятся, определяет качество театрального опыта – как для зрителя, так и для исполнителя [5].

Факторами, воздействующими на формирование объемно-пространственного решения экспериментального театрального центра, являются: существующая сеть культурно-зрелищных учреждений, общественная потребность, целевая аудитория, градостроительная ситуация, стилистика окружающей застройки, ограниченность материальных средств.

Грамотная интеграция ЭТЦ в градостроительную организацию любого города – важное условие эффективности функционирования объекта. Выбор участка во многом определяет масштаб и значимость центра. Участки для строительства необхо-

димо выбирать недалеко от станций метро, в местах, привлекательных как для жителей города, так и для инвесторов. Комплексный подход к проектированию поможет искусно разместить проектируемый объект в существующую градостроительную застройку – зажатую (например, Большой театр в Альби, Театр Эврименв Ливерпуле, Театр Шекспира в Гданьске) или открытую (например, Оперный театр в Осло, Han Show Theatre в Ухане, Национальный театр в Манаме).

Одной из типологических особенностей формирования архитектуры экспериментального театрального центра является решение генерального плана участка, выбранного для размещения объекта. На схеме планировочной организации земельного участка располагаются помимо хозяйственного двора, необходимого для жизни театра, выставочная зона (постоянная и временная экспозиции), площадки для театральных постановок, служащие также рекреационными зонами. Не следует забывать о расположении инженерных построек, парковочных мест, озеленении. Рекомендуемая площадь земельного участка для размещения ЭТЦ 7–14 тыс. кв. м.

Функционально-планировочное решение экспериментального театрального центра считается главной чертой образования архитектуры объекта. Внутреннее деление пространства экспериментального театрального центра происходит на часть, открытую для потребностей посетителей, и служебную, относящуюся к скрытому театральному процессу. Функциональное зонирование опирается на взаимосвязь помещений классического театра – входная зона, санитарно-гигиеническая, зрительская, технологическая, складская, репетиционная, административная, производственная, хозяйственная и функционально новых помещений – выставочных, образовательных, досуговых. Связующим звеном является многофункциональное пространство, образованное комбинацией театрального фойе с помещениями досуговой и выставочной функции, которое формирует мощный парадный аккорд, определяющий тональность всего здания. В объеме ЭТЦ предлагается размещение таких помещений, как лекционные аудитории, театральные студии, кружки, тренажерный зал, музей, мастерские, склады, репетиционные залы и др. Взаимосвязи помещений должны обеспечивать как совместную, так и раздельную работу, а также универсальное использование помещений. А композиционные, конструктивные и функциональные характеристики основного планировочного элемента – зрительного зала со сценой – играют определяющую роль в объемно-планировочном решении центра и должны обеспечивать комфортные условия как для зрителей, так и для артистов. Площадь застройки одного здания ЭТЦ составит не более 5 тыс. кв. м, нескольких объемов в сумме не более 10 тыс. кв. м. В стесненной градостроительной ситуации предполагается формирование компактного объема по вертикали, на свободной территории возможно здание с развитой планировочной организацией (рис. 2).

Ядром объемно-планировочного решения объекта является многофункциональный зал-трансформер. Вследствие трансформации (планировочной, которая не затрагивает форму и объем зала, или пространственной, изменяющей как форму, объем зала, так и количество залов) зрительских мест и сцены зал будет использоваться для постановки спектаклей и концертов, просмотра кино, проведения лекций, показов, презентаций, конференций, как помещение для инсталляций. Трансформация может осуществляться с помощью подъемно-опускных площадок, подвесного потолка, подвижных перегородок, мобильных зрительских мест и др. технических средств. Благодаря преобразованию зрительного зала за непродолжительный период времени будет возможность провести в нем несколько мероприятий за день, что будет экономически выгодно. В зависимости от вместимости театральных объектов возможно размещение одного зала не более 800 мест или нескольких залов не более 500 и до 100 мест в едином объеме театрального центра или в нескольких зданиях на территории участка, вследствие чего состав помещений и площади могут изменяться. Основные требования, предъявляемые к зрительному залу – создание условий наилучшей видимости и хорошей акустики. Для соблюдения комфортных условий пребывания в таком зале учитываются габариты зала, форма, используемая отделка поверхностей. Гибкость решения сценического пространства позволит осуществить эксперимент режиссера и подготовку молодых актёров на должном уровне. Тем самым сохраняется преемственность передачи профессионального театрального мастерства, осуществляется возможность создания новых экспериментальных театральных постановок вне привычных театральных пространств, появляется возможность предоставить зрительские помещения в аренду для проведения различных мероприятий.

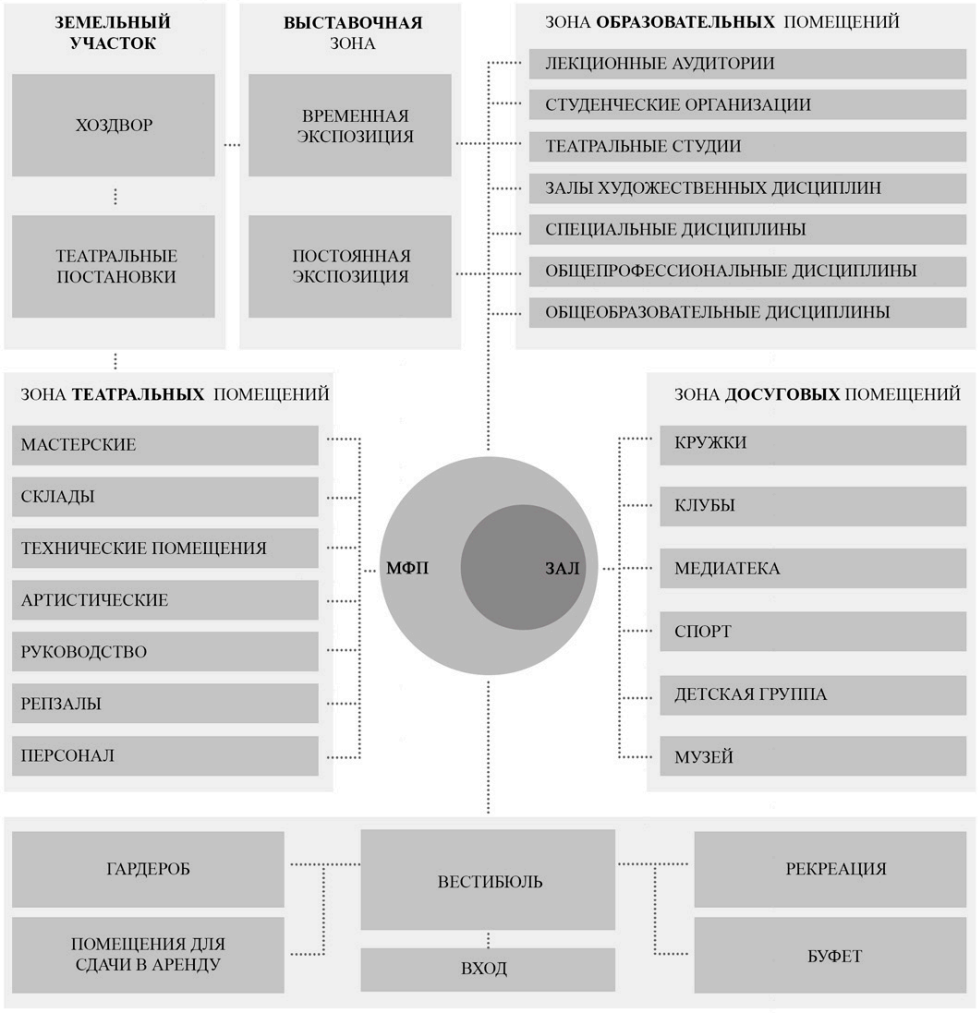



*Рис. 2. Функционально-планировочная структура экспериментальных театральных центров*

Раскрыта специфика развития архитектуры экспериментальных театральных центров – стилистика фасадного решения, которая базируется на выявлении уровня композиционной значимости ЭТЦ в рассматриваемой градостроительной ситуации, проведенном анализе окружающих зданий, современных материалах и финансовых возможностях. Пассивная степень – по принципу лаконичной интеграции в окружающую застройку (например, Театр в Сен-Назере, Театр Lyric в Белфасте), активная – путем противопоставления историческому окружению (например, Театр де Ступ в Спейкениссе, Театр Дза-Коэндзи в Токио). Главной проблемой при интеграции объекта в существующую градостроительную систему является формирование уникального по своей архитектуре объекта с сохранением окружающей архитектурно-исторической среды. В мире идут поиски «новой одежды» для фасадов. В отделке могут использоваться различные классические отделочные материалы – кирпич, бетон, стекло, металл и др., современные системы – вентилируемые фасады, медиафасады, обеспечивающие бесконечный ряд восприятия фасадов одного здания и позволяющие преобразить его через многие годы. Возможна трансформация фасадов, которая является методом адаптации архитектуры в проектную ситуацию, путем динамики внешней поверхности или изменения всего объема здания. Каждое решение экстерьера здания носит зрелищный, эстетический, рекламный характер. Методы, которые может применять проектировщик для формирования достойного внимания и запоминающегося образа, безграничны.

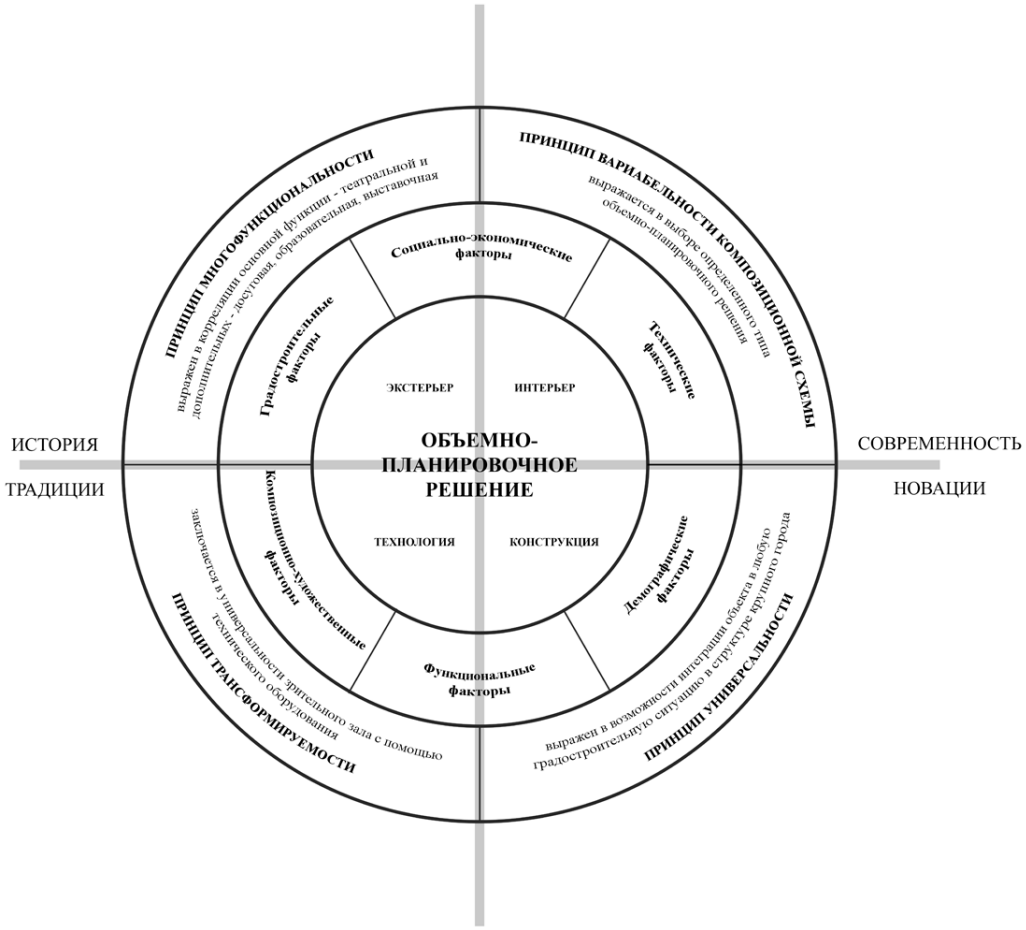



*Рис. 3. Типологическая модель формирования объемно-пространственного решения экспериментальных театральных центров*

Интерьер ЭТЦ может как отражать историческое представление о театре, так и отвечать современным тенденциям. Вариативность интерьера осуществляется с помощью освещения, медиа, музыки и др. видов современной техники. Эстетизация конструкций, мобильность элементов, сочетание различных текстур, форм и цветов – тенденция, проявляющаяся в решении внутреннего пространства.

На основе выявленных особенностей сформулированы принципы проектирования экспериментального театрального центра в структуре крупного города:

– принцип многофункциональности, подразумевает интеграцию в театральное здание других типологических функций;

– принцип вариабельности композиционной схемы, основан на решении задач объемно-планировочной структуры объекта: функциональное зонирование, состав помещений и их взаимосвязь, форма здания;

– принцип трансформируемости, выражен в обеспечении пространства современным технологическим оборудованием;

– принцип универсальности, предполагает внедрение объекта в существующую застройку.

Разработана типологическая модель формирования объемно-пространственного решения экспериментальных театральных центров, в которой отображены основные положения исследования (рис. 3).

## Заключение

Рассмотрев в данной работе архитектуру экспериментального театрального центра как нового типа современного общественного многофункционального пространства культурно-зрелищного назначения, можно предположить, что описанный объект станет эффективным компонентом городской структуры для организации театральной деятельности и проведения досуга посетителями, будет являться важным фактором разви-

тия сети театральных зданий на территории России, а также задаст общее направление в актуальном творческом осмыслении современной театральной архитектуры.

Результаты исследования могут быть использованы в создании программ-заданий, методических рекомендаций, нормативных документов; в курсовых и дипломных работах в высших архитектурных учебных заведениях; в проектах, строительстве современных театральных зданий и реконструкции существующих.

**Список литературы**

1. Об одобрении Концепции долгосрочного развития театрального дела в Российской Федерации до 2020 года. Правительство Российской Федерации Распоряжение от 10 июня 2011 года № 1019-р [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/902284436 (дата обращения: 30.04.2018).

2. Gene Leitermann. Theater Planning: Facilities for Performing Arts and Live Entertainment (100 Cases) 1st Edition, Kindle Edition. Focal Press, 2017, 52 p.

3. Дмитриевский В.Н. Театр и зрители. Отечественный театр в системе отношений сцены и публики. Ч. 2.: Советский театр 1917–1991 гг. / В.Н. Дмитриевский. – М.: Государственный институт искусствознания, «Канон+» РООИ «Реабилитация», 2013. – 696 с.

4. Макарова Е.Е., Булгакова Е.А. Особенности проектирования экспериментального театрального центра в исторической среде города Москва / Е.Е. Макарова, Е.А. Булгакова // Инновации и инвестиции. – 2018. – № 4. – С. 325–328.

5. Hardy Holzman Pfeiffer Associates. Theaters 0th Edition. Back Stage Books, 2000, 224 p.

УДК 519.244.4:502/504

# ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОМЕРНОЙ ОЦЕНКИ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРИРОДНО-ТЕХНОГЕННОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ТЕРРИТОРИИ

**Метус А.М.**

*Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук, Красноярск, e-mail: metus@icm.krasn.ru*

Статья посвящена комплексному оцениванию природно-техногенной безопасности территорий. Представлен подход к формированию интегральной оценки состояния территории на основе иерархии оценок показателей, характеризующих состояние объектов техносферы и окружающей среды. Рассмотрен алгоритм формирования многомерной оценки показателей природно-техногенной безопасности территории, составляющей нижний уровень иерархии оценок показателей и характеризующей соответствие показателя безопасности нормативу в разрезе отдельных пунктов наблюдения. Характер показателей природно-техногенной безопасности территории требует возможности обеспечивать чувствительность оценки к отклонению значения показателя от норматива и регулировать скорость изменения оценки при выходе значения показателя за границы установленного норматива. С этой целью предложена нелинейная модель коэффициента соответствия, позволяющая учитывать цену делений шкалы каждого аналитического показателя. Построение нелинейной модели коэффициента соответствия выполнено на основе адаптации метода формирования функций полезности в задачах многокритериального выбора. Качественное определение формы функции коэффициента соответствия выполнено с помощью неравенства Йенсена. Представлена формула расчета коэффициента, характеризующего чувствительность оценки к отклонению показателя от норматива. Отличие линейной и нелинейной модели коэффициента соответствия и влияние его параметров на величину многомерной оценки продемонстрировано на примере расчета показателей гидрологического мониторинга.

**Ключевые слова: безопасность территории, комплексное оценивание, мониторинг чрезвычайных ситуаций**

# FORMATION OF MULTIDIMENSIONAL ESTIMATE OF NATURAL AND TECHNOGENIC TERRITORY SAFETY INDICATORS

**Metus A.M.**

*Institute of Computational Modelling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Krasnoyarsk, e-mail: metus@icm.krasn.ru*

This paper addresses the comprehensive estimation of natural and technogenic territory safety. It presents an approach to formation of integral estimate based on hierarchy of indicator estimates which reflect the environment and technogenic objects state. An algorithm for calculating a multidimensional estimate of natural and technogenic territory safety as a base level of estimates hierarchy that describes the compliance of indicator values to standard is considered. Indicators characteristics require possibility to provide estimate sensibility to indicator value deviation and regulate change velocity while indicator value being out of standard bounds. For this purpose a model of nonlineal compliance coefficient is propose that allows for taking into account the measuring sensitivity of each analytical indicator. Nonlineal compliance coefficient model is based on the approach to multicriterion utility function formation. Technique for creation of function form based on Jensen inequality and sensitivity coefficient equation are presented. Distinction for lineal and nonlineal compliance coefficient models is illustrated with hydrological monitoring data example.

**Keywords: territory safety, comprehensive estimation, emergency monitoring**

Природно-техногенная безопасность территорий определяется совокупностью факторов окружающей среды и техносферы. Снижение рисков возникновения чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, как правило, основывается на комплексном мониторинге обстановок (метеорологической, гидрологической, сейсмической, радиационной и т.д.), оперативном контроле состояния объектов окружающей среды и техносферы и адекватной оценке угрозы возникновения опасностей. Для этих целей широко используются методы комплексного оценивания, обеспечивающие формирование обобщенных характеристик [1–4], в условиях консолидации больших объемов данных активно применяется технология хранилищ данных (Data Warehouse) и оперативной аналитической обработки многомерных данных (On-line Analytical Processing, OLAP) [5].

Для комплексного оценивания уровня природно-техногенной безопасности территории в работе [6] предложен подход, обеспечивающий формирование интегральной оценки на основе многомерного аналитического моделирования состояния окружающей среды и объектов техносферы. Данный метод представляет собой развитие метода индексного оценивания уровня благополучия территории [4] за счет включения OLAP-моделей в иерархию формирования комплексного показателя: интегральная оценка формируется на основе многомерных оценок аналитических показателей, которые, в свою очередь, рассчитываются

на базе многомерных нормативных значений. Кроме того, характер показателей территориальной безопасности требует повышенной чувствительности оценок к несоответствию показателя установленному нормативу.

Цель исследования: данная работа направлена на обеспечение возможности оценить отклонение значения показателя от интервала нормативных значений с учетом цены делений шкалы аналитического показателя и регулировать скорость изменения оценки при отклонении значений показателя от границ норматива.

Методы исследования: цель исследования достигнута с помощью введения нелинейной модели коэффициента соответствия показателя нормативу. Построение нелинейной модели коэффициента соответствия выполнено на основе адаптации метода формирования функций полезности в задачах многокритериального выбора. Качественное определение формы функции коэффициента соответствия выполнено с помощью неравенства Йенсена.

## Результаты исследования и их обсуждение

Согласно предложенному подходу к интегральному аналитическому оцениванию природно-техногенной безопасности территории [6], интегральная оценка комплексного показателя рассчитывается на основе иерархии оценок показателей, формируемых по результатам оперативной аналитической обработки мониторинговых данных.

Количественным выражением уровня безопасности является интегральная оценка комплексного показателя, которая рассчитывается на основе оценок базовых показателей с учетом их значимости в показателе верхнего уровня:

$$I_{\Sigma} = \sum_{k=1}^{n} u_k I_k , \qquad (1)$$

где $I_k$ – оценка $k$-го базового показателя, $u_k$ – коэффициент значимости $k$-го базового показателя. Коэффициент значимости определяется экспертом и представляет собой вес базового показателя.

Оценки базовых показателей представляют собой агрегированные по территории многомерные оценки аналитических показателей, характеризующие природные и техногенные факторы риска возникновения чрезвычайных ситуаций:

$$I_k = f_{agr}\left(i_1,\ldots,i_m\right), \qquad (2)$$

где $i_j$, $j\in\{1\ldots m\}$ – многомерная оценка $j$-го аналитического показателя, $f_{agr}$ – функция агрегирования многомерных оценок аналитического показателя. Функция агрегирования (среднее, минимальное или максимальное значение, среднеквадратичное отклонение, медиана и т.д.) для каждого аналитического показателя задается экспертным путем.

Многомерные оценки аналитических показателей формируются в виде OLAP-моделей и характеризуют соответствие показателя нормативу в разрезе отдельных пунктов наблюдения. Многомерные оценки рассчитываются следующим образом:

$$i_j = 1 + \Delta P_j S_j , \qquad (3)$$

где $S_j = \pm 1$ – коэффициент, отражающий тенденцию $j$-го показателя, $S_j = 1$ – если обстановка улучшается при увеличении значения показателя, $S_j = -1$ – если обстановка улучшается при уменьшении значения показателя; $\Delta P_j$ – коэффициент соответствия фактического значения $j$-го аналитического показателя нормативу. Норматив показателя задается экспертно в виде диапазона значений $[N_j; Z_j]$, $N_j$ – минимальное нормативное значение $j$-го показателя, $Z_j$ – максимальное нормативное значение $j$-го показателя. При этом характер показателей безопасности требует высокой чувствительности оценок к несоответствию показателя установленному нормативу.

В работе [6] для оценки социального благополучия применялась линейная модель расчета коэффициента соответствия показателя $P_j$ нормативу $[N_j; Z_j]$:

$$\Delta P_j = \begin{cases} 0, \text{ если } \ P_j \in \left[N_j; Z_j\right] \\ \dfrac{P_j - Z_j}{Z_j - N_j}, \text{ если } P_j > Z_j \\ \dfrac{P_j - N_j}{Z_j - N_j}, \text{ если } P_j < N_j \end{cases} . \qquad (4)$$

Согласно (4) функция коэффициента соответствия монотонно возрастает на всем множестве значений показателя (рис. 1). Коэффициент $\Delta P_j$ принимает значение равное нулю, когда фактическое значение показателя соответствует нормативу. Если фактическое значение показателя превышает верхнюю границу норматива, коэффициент принимает положительные значения. Если фактическое значение показателя меньше нижней границы норматива, коэффициент принимает отрицательные значения.

Однако такая линейная модель не обеспечивает достаточной чувствительности к отклонению значения показателя от норматива и не позволяет регулировать скорость изменения оценки при отклонении с учетом индивидуальных особенностей

показателей. В одних случаях цена делений шкалы показателя уменьшается при удалении значения показателя от границы норматива и, чтобы избежать необоснованно высокой оценки, скорость изменения оценки должна снижаться при увеличении отклонения значения показателя от норматива. В других случаях, наоборот, цена делений шкалы показателя возрастает при удалении значения показателя от границы норматива и, чтобы получить значимую величину оценки при достаточно большом превышении норматива, скорость изменения оценки должна увеличиваться при увеличении отклонения значения показателя от норматива.

Чтобы обеспечить чувствительность оценок к отклонению показателей от норматива и возможность регулировать скорость изменения оценок, в данной работе предлагается нелинейная модель расчета коэффициента соответствия с сохранением монотонности функции

$$\Delta P_j = \begin{cases} 0, \text{ если } P_j \in \left[N_j; Z_j\right] \\ \left(\dfrac{P_j - Z_j}{Z_j - N_j}\right)^q, \text{ если } P_j > Z_j \\ -\left(\dfrac{N_j - P_j}{Z_j - N_j}\right)^q, \text{ если } P_j < N_j \end{cases} . \quad (5)$$

Здесь $q$ – коэффициент, характеризующий чувствительность оценки к отклонению показателя от норматива. Значениям $q > 1$ соответствует выпуклая форма функции (рис. 2), значениям $0 < q < 1$ соответствует вогнутая форма функции (рис. 3), значению $q = 1$ соответствует линейный вид функции. На рис. 2 и 3 показано влияние коэффициента $q$ на изменение значения коэффициента соответствия. С учетом симметричности функции относительно центра интервала $[N_j; Z_j]$, на рисунках представлены графики для случаев превышения верхней границы нормативного диапазона.

Построение нелинейной модели коэффициента соответствия выполнено на основе адаптации подхода к построению функций полезности в задачах многокритериального выбора [7, 8]. При оценивании показателей природно-техногенной безопасности территории множество значений каждого показателя разбивается на области так называемых «благоприятных» и «неблагоприятных» значений. Нелинейная модель коэффициента соответствия в области «неблагоприятных» значений строится аналогично нелинейной функции полезности.

Форму функции коэффициента соответствия можно определить с помощью неравенства Йенсена [8]. Для этого рассмотрим функцию на интервале $[P_a; P_b]$, соответствующем длине диапазона нормативных значений и примыкающем к границе нормативного диапазона (рис. 4). Выполнение следующих условий для средней точки интервала $P_{mid} = (P_a + P_b)/2$ позволяет определить форму функции коэффициента соответствия $\Delta P$ на этом интервале $[P_a; P_b]$:

1. Если $\Delta P(P_b) - \Delta P(P_{mid}) = \Delta P(P_{mid}) - \Delta P(P_a)$, то функция линейна.

2. Если $\Delta P(P_b) - \Delta P(P_{mid}) > \Delta P(P_{mid}) - \Delta P(P_a)$, то функция выпукла.

3. Если $\Delta P(P_b) - \Delta P(P_{mid}) < \Delta P(P_{mid}) - \Delta P(P_a)$, то функция вогнута.

Количественно степень кривизны функции можно определить, указав значение показателя $P_j$, для которого значение коэффициента соответствия $\Delta P$ отличается от значения $P_a$ не более чем на малое δ. Тем самым будет получена точка $P_j' \in \left[P_a; P_b\right]$, для которой $\Delta P = \delta$. Коэффициент $q$ нелинейной модели рассчитывается по формуле

$$q = \frac{\ln(\delta)}{\ln\left(\dfrac{P_j' - P_a}{P_b - P_a}\right)}. \quad (6)$$

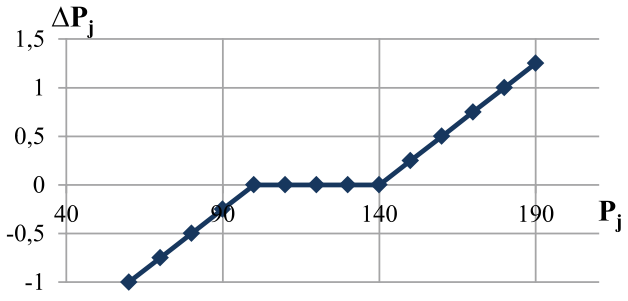



*Рис. 1. Линейная модель коэффициента соответствия*

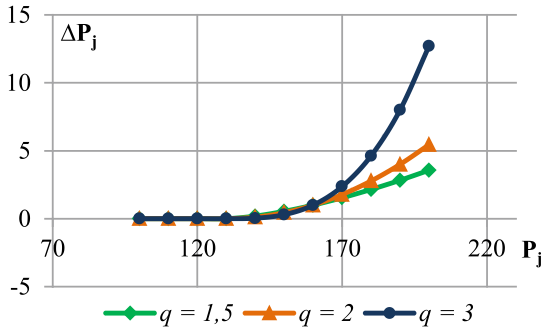



*Рис. 2. Семейство выпуклых функций*

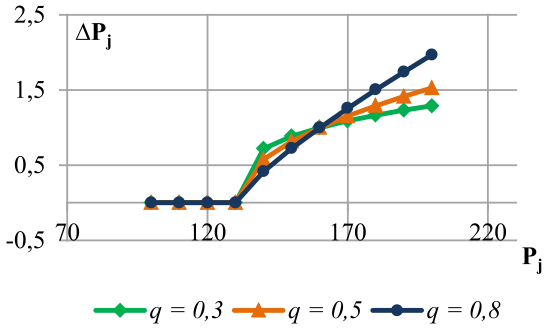



*Рис. 3. Семейство вогнутых функций*

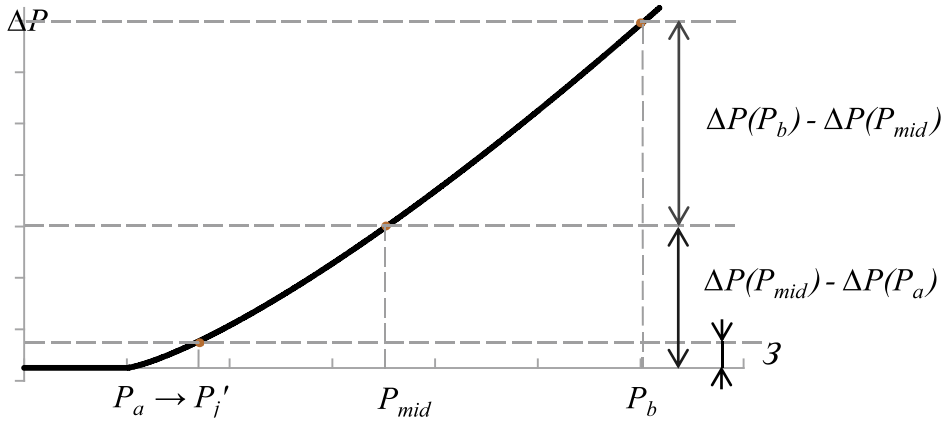



*Рис. 4. Определение функции коэффициента соответствия ΔP*

В отличие от ранее предложенной линейной модели коэффициента соответствия, рассматриваемая в данной работе нелинейная модель позволяет учитывать ситуации, когда имеет место неравенство цены деления шкалы аналитического показателя, регулировать скорость изменения оценки при отклонении показателя от норматива и с большей точностью оценить соответствие фактического значения показателя нормативу.

В качестве примера рассмотрим показатель гидрологической обстановки «Уровень сбросов гидроэлектростанций» в разрезе Усть-Илимской ГЭС. Нормативные значения уровня сбросов для Усть-Илимской ГЭС заданы интервалом [2200; 2400] куб. м/с.

Для данного показателя экспертным путем установлено, что цена деления шкалы показателя увеличивается при увеличении отклонения значения показателя от норматива. Следовательно, функция коэффициента соответствия имеет выпуклую форму, а скорость прироста коэффициента соответствия увеличивается при увеличении отклонения от норматива в соответствии с величиной коэффициента $q$. В табл. 1 приведены варианты расчета коэффициента соответствия при различных значениях $q$.

Значение коэффициента $q$ определяется величиной $P'$, которая принимается экспертом как незначительное отклонение значения показателя от установленного норматива. Так, при $P' = 5$ куб. м/с коэффициент $q = 1{,}248$, при $P' = 10$ куб. м/с и $P' = 40$ куб. м/с, коэффициент $q$ равен 1,537 и 2,861 соответственно. В табл. 1 показано отличие нелинейной модели коэффициента соответствия $\Delta P$ от линейной, при которой коэффициент $q = 1$.

В табл. 2 показана зависимость величины многомерной оценки аналитического показателя «Уровень сбросов гидроэлектростанций» в разрезе Усть-Илимской ГЭС от параметров коэффициента соответствия $\Delta P$.

Расчет многомерной оценки аналитического показателя (3) проведен при условии, что обстановка улучшается при уменьшении значения показателя. Также показано различие оценок показателя при использовании линейной и нелинейной модели коэффициента соответствия $\Delta P$.

**Таблица 1**

Уровень сбросов Усть-Илимской ГЭС

| № п/п | Дата измерения | Уровень сбросов, куб. м/с | Отклонение, куб. м/с | Коэффициент соответствия ΔP | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | q = 1 | q = 1,248 | q = 1,537 | q = 2,861 |
| | | | | | P’ = 5 | P’ = 10 | P’ = 40 |
| 1 | 19.12.2016 | 2190 | –10 | –0,05 | –0,024 | –0,010 | –0,00019 |
| 2 | 20.12.2016 | 2180 | –20 | –0,10 | –0,056 | –0,029 | –0,0014 |
| 3 | 05.01.2017 | 2100 | –100 | –0,50 | –0,421 | –0,345 | –0,138 |
| 4 | 06.01.2017 | 2050 | –150 | –0,75 | –0,698 | –0,643 | –0,439 |
| 5 | 09.01.2017 | 1950 | –250 | –1,25 | –1,321 | –1,409 | –1,894 |

**Таблица 2**

Оценка уровня сбросов Усть-Илимской ГЭС

| № п/п | Дата измерения | Уровень воды, куб. м/с | Отклонение, куб. м/с | Оценка аналитического показателя *i* | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | q = 1 | q = 1,248 | q = 1,537 | q = 2,86 |
| | | | | | P’ = 5 | P’ = 10 | P’ = 40 |
| 1 | 19.12.2016 | 2190 | –10 | 1,05 | 1,024 | 1,01 | 1,00019 |
| 2 | 20.12.2016 | 2180 | –20 | 1,1 | 1,056 | 1,029 | 1,0014 |
| 3 | 05.01.2017 | 2100 | –100 | 1,5 | 1,421 | 1,345 | 1,138 |
| 4 | 06.01.2017 | 2050 | –150 | 1,75 | 1,698 | 1,643 | 1,439 |
| 5 | 09.01.2017 | 1950 | –250 | 2,25 | 2,321 | 2,409 | 2,894 |

Рассмотренные примеры наглядно демонстрируют зависимость величины многомерной оценки аналитического показателя от параметров коэффициента соответствия и возможность регулирования чувствительности оценки к отклонению значения показателя от норматива.

## Выводы

В работе предложен алгоритм формирования многомерных оценок аналитических показателей природно-техногенной безопасности территории, позволяющий оценить отклонение значений показателя от интервала нормативных значений. С учетом характера аналитических показателей территориальной безопасности предложена нелинейная модель коэффициента соответствия, которая обеспечивает чувствительность оценок к отклонению показателей от норматива и позволяет регулировать скорость изменения оценок на основе анализа цены деления шкалы аналитических показателей. Отличие линейной и нелинейной модели коэффициента соответствия и влияние параметров коэффициента соответствия на величину многомерной оценки наглядно продемонстрировано на примере показателя гидрологического мониторинга.

## Список литературы

1. Allen W., Cruz J., Warburton B. How decision support systems can benefit from a theory of change approach. Environmental Management. – Springer, 2017, vol. 59, no. 6, pp. 956–965.

2. Яйли Е.А. Научно-методические и прикладные аспекты оценки и управления урбанизированными территориями на основе инструмента риска и новых показателей качества окружающей среды. – СПб.: РГГМУ, 2006. – 444 с.

3. Невидимова О.Г., Янкович Е.П. Исследование природно-климатических опасностей с использованием ГИС-технологий // Геоинформационные технологии и математические модели для мониторинга и управления экологическими и социально-экономическими системами. – 2011. – С. 169–174.

4. Penkova T. Method of Wellbeing Estimation in Territory Management. Book Series: Lecture Notes in Computer Science. – Springer, 2014, part IV, vol. 8582. – pp. 57–68.

5. Kimball R., Ross M. The Data Warehouse Toolkit: The Definitive Guide to Dimensional Modeling. – 3rd edition. – John Wiley & Sons, Inc, 2013. – 447 p.

6. Пенькова Т.Г., Метус А.М. Концептуальная модель интегрального аналитического оценивания природно-техногенной безопасности территории // Информатизация и связь. – 2016. – № 2. – С. 65–71.

7. Евстифеев В.А., Микони С.В. Влияние формы функции полезности на результаты многокритериального выбора // Программные продукты и системы. – 2011. – № 3. – С. 54–56.

8. Микони С.В., Бураков Д.П. Итеративное проектирование функции полезности // Сборник научных трудов международной научной конференции ISDMCI’2011. – Херсон: ХНТУ, 2011. – Т. 1. – С. 188–192.

УДК 004.94

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОГО АДМИНИСТРИРОВАНИЯ ПОЛЛИНГОВЫХ СИСТЕМ С ОГРАНИЧЕННЫМ ВРЕМЕНЕМ ЖИЗНИ ЗАЯВОК

**Печеный Е.А., Муршед Ф.А., Нуриев Н.К.**

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, e-mail: murshedfa@gmail.com*

В статье рассматривается проблема моделирования поллинговых систем массового обслуживания, работающих в особых условиях, когда в силу причин естественного или организационного порядка время пребывания заявок в стадии обслуживания (время жизни) ограничено. Показано, что использование классических математических моделей в этом случае малоэффективно, так как не позволяет получить удобные расчетные соотношения для оценки параметров системы. Показаны изменения, происходящие с функцией распределения потока обслуживания при введении ограничений на время жизни заявок, предложен аналитический вид этой функции и описаны ее свойства. С помощью специализированного программного продукта AnyLogic выполнено имитационное моделирование поллинговой системы, функционирующей в режиме циклического обхода обслуживающего устройства четырех независимых очередей, пополняемых пуассоновскими потоками заявок. В ходе имитационных экспериментов установлено отсутствие значимых различий между исчерпывающим и шлюзовым вариантами обслуживания при введении ограничений на время жизни заявок, а также выявлены дополнительные возможности администрирования, возникающие при этом. Произведена оценка изменений эксплуатационных свойств системы, происходящих при ограничении времени жизни заявок; обоснована возможность подключения к обслуживанию дополнительной очереди и получены условия, когда это становится технически осуществимым.

**Ключевые слова: поллинговые системы, эффективное администрирование, ограниченное время жизни заявок, исчерпывающее, шлюзовое**

# MODELING OF EFFECTIVE ADMINISTRATION OF POLLING SYSTEMS WITH LIMITED CUSTOMER LIFETIME

**Pechenyy E.A., Murshed F.A., Nuriev N.K.**

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education «Kazan National Research Technological University», Kazan, e-mail: murshedfa@gmail.com*

The article discusses the problem of polling systems modeling, operating under special conditions, when due to natural or organizational reasons, the service time of customers (lifetime) is limited. It is shown that the use of classical mathematical models in this case is ineffective, since it does not allow us to obtain convenient calculated relations for estimating the parameters of the system. The changes that occur with the service flow distribution function when restrictions are imposed on the customer lifetime, an analytical form of this function is proposed, and its properties are described. In AnyLogic software, a simulation of cyclic polling system with four independent queues and Poisson arrivals has been performed. In the course of simulation experiments, it was established that there are no significant differences between the exhaustive and gated service modes when restrictions are imposed on the customer lifetime, additional administrative capabilities that arise in this case also revealed. The evaluation of changes in the system operational properties that occur when customer lifetime is limited is made; the possibility of connecting to the service an additional queue is justified and conditions when it becomes technically feasible are obtained.

**Keyword: polling systems, effective administration, limited lifetime, exhaustive, gated**

Поллинговые системы, то есть системы массового обслуживания, где единственное обслуживающее устройство обрабатывает заявки, накапливающиеся в нескольких независимо формирующихся очередях, известны давно. Одна из первых публикаций, посвященная этой проблематике, работа Лейбовица [1], датирована еще 1961 г. В последние два десятилетия интерес к таким системам значительно вырос. Это обусловлено прежде всего бурным развитием телекоммуникационных технологий и компьютерных сетей, работа которых построена таким образом, что одно обслуживающее устройство (сервер) принимает в установленном порядке пакеты информации от нескольких несвязанных между собой источников. Растущий интерес научного сообщества к поллинговым системам подтверждается значительным числом опубликованных результатов исследований в этой области [2–5], касающихся различных аспектов построения и функционирования таких систем. Важность и оригинальность этих работ характеризует, в частности, тот факт, что наряду с известным аппаратом метода производящих функций, специально для анализа поллинговых структур, были разработаны и применены такие новые приёмы, как метод ветвящихся процессов и метод анализа средних. В целом математический аппарат, используемый для описания

поллинговых систем, весьма совершенен, а конечной результат представляет собой итог изящных, но не всегда очевидных рассуждений и умозаключений.

Общей особенностью практически всех сложных и содержательных моделей систем массового обслуживания и поллинговых систем в частности является то, что при их построении используются параметры, которые априори, как правило, не известны, а их экспериментальное определение трудноосуществимо. Это существенно снижает востребованность таких моделей применительно к решению прикладных задач. Важно также отметить, что приоритетом практически всех моделей систем массового обслуживания выступают интересы пользователей, а конечным результатом моделирования оказываются такие показатели, как длина очереди, время ожидания и т.п., для достижения желаемого значения которых подбираются различные варианты обслуживания, опроса, дисциплины очереди. При этом по умолчанию предполагается, что для администратора все эти варианты равноприемлемы, хотя, конечно, на самом деле это не так. И поскольку, как было показано в работе [6], технико-экономические характеристики поллинговых систем, функционирующих в шлюзовом и исчерпывающем режимах обслуживания, практически неразличимы, возможности влияния на ситуацию со стороны администратора оказываются ничтожными. Следует упомянуть и о том, что использование большинства математических моделей в составе расчетных схем возможно только для потоков с простейшими однопараметрическими функциями распределения. В любом другом случае получение решения даже с помощью численных алгоритмов является весьма сложной задачей.

*Постановка задачи исследования*

В последнее время значительное внимание исследователей привлекают системы с ограниченным временем жизни заявок, где в силу природных, технических или организационных причин назначается предельное время пребывания заявок на обслуживании, по истечении которого заявка покидает систему независимо от того, было ли завершено ее обслуживание или нет. Математическое моделирование и расчет подобных систем сложны и трудоемки [7], поскольку привычный вид функций распределения заявок в потоке существенно меняется. Однако если лимит времени устанавливается директивно, то есть имеет организационный порядок, – то это открывает дополнительные, весьма широкие возможности администрирования. Предметом данной статьи является математическое и имитационное моделирование поллинговых систем с ограниченным временем жизни заявок и разработка приёмов эффективного администрирования таких систем.

*Математическая модель*

Рассмотрим математическую модель поллинговой системы, функционирующей в исчерпывающем режиме обслуживания, построенную методом анализа средних, как рекомендовано в монографии [8]. Пусть система имеет в своем составе $N$ независимых очередей. Обозначим комбинацией символов $(i, j)$ период времени, охватывающий посещение обслуживающим устройством с $i$-й очереди по $j$-ю в порядке циклического обхода. Тогда безусловная длина $i$-й очереди $L_i$ выразится как

$$L_i = \sum_{j=1}^{N} q_{j,1} L_{i,j},\ i, j = \overline{1, N}, \qquad (1)$$

где $q_{j1}$ – вероятность того, что в произвольный момент времени обслуживающее устройство находится в $j$-й очереди; $L_{ij}$ – длина $i$-й очереди в момент нахождения обслуживающего устройства в $j$-й очереди. Символом $q_{ij}$ будем обозначать долю времени, когда система пребывает в периоде $(i, j)$, предполагая, что в стационарном режиме эта величина не изменяется от цикла к циклу.

Величины $L_{ij}$ определяются путем решения системы линейных уравнений

$$\begin{cases} \sum\limits_{n=i+1}^{i+j} \dfrac{q_{n,1}}{q_{i+1,j}} L_{i,n} = \lambda_i R_{V_{i+1,j}} \\ \sum\limits_{n=1}^{N} q_{n,1} L_{i,n} = \dfrac{\lambda_i}{1-\rho_i} \left( \rho_i R_{B_i} + \dfrac{S_i}{C} R_{S_i} + \left(1 - q_{i,1}\right)\left( R_{V_{i+1,N-1}} + S_i \right) \right), \end{cases} \qquad (2)$$

где $\lambda_i$ – интенсивность потока пополнения $i$-й очереди; $R_{V_{i,j}}$ – среднее оставшееся время $(i, j)$ периода; $R_{B_i}$ – среднее оставшееся время обслуживания заявок в $i$-й очереди; $\rho_i$ – коэффициент загрузки $i$-й очереди; $S_i$ – случайная величина, характеризующая время пребывания обслуживающего устройства в $i$-й очереди; $R_{S_i}$ – остаточное время переключения

на *i*-ю очередь; *C* – общее время цикла; $B_i$ – случайная величина, характеризующая время обслуживания заявки в *i*-й очереди. Величины $R_{V_{i,j}}$ вычисляются по соотношению

$$R_{V_{i,j}} = \frac{q_{i,1}}{q_{i,2}}\left(\frac{R_{V_{i,1}}}{\prod_{n=1}^{j-1}(1-\rho_{i+n})} + \sum_{n=1}^{j-1}\frac{s_{i+n}+L_{i+n,i}b_{i+n}}{\prod_{m=n}^{j-1}(1-\rho_{i+m})}\right) + \left(1-\frac{q_{i,1}}{q_{i,j}}\right)R_{V_{i+1,j-1}}, \quad (3)$$

для чего предварительно находится

$$R_{V_{i,1}} = \frac{1}{1-\rho_i}\left(L_{i,i}b_i + \frac{\rho_i C}{\nu_{i,1}}R_{B_i} + \frac{s_i}{\nu_{i,1}}R_{B_i}\right). \quad (4)$$

Здесь $v_{i,j}$ – средняя длительность периода (*i, j*); $b_i$ – первый момент функции распределения потока, пополняющего *i*-ю очередь.

Для систем, функционирующих в режиме шлюзового обслуживания, базовое расчетное соотношение для отыскания величин $L_{i,j}$ остается справедливым, однако формулы (3) и (4) претерпевают изменения

$$R_{V_{i,j}} = \frac{q_{i,1}}{q_{i,j}}\left(R_{V_{i,1}}\prod_{n=1}^{j-1}(1+\rho_{i+n}) + \sum_{n=1}^{j-1}\left(s_{i+n+1}+\tilde{L}_{i+n,i}b_{i+n}\right)\times\prod_{m=n+1}^{j-1}(1+\rho_{i+m})\right) + \left(1-\frac{q_{i,1}}{q_{i,j}}\right)R_{V_{i+1,j-1}}, \quad (5)$$

$$R_{V_{i,1}} = \bar{L}_{i,i}b_i + \frac{s_{i+1}}{\nu_{i,1}}R_{S_{i+1}} + \frac{\rho_i C}{\nu_{i,1}}\left(R_{B_i}+s_{i+1}\right), \quad (6)$$

где $\bar{L}_{i,i}$ – заявки, обслуживаемые в текущем цикле; $\tilde{L}_{j,i}$ – заявки, поступившие в очередь в ходе обслуживания. Естественно, что

$$L_{i,j} = \bar{L}_{i,i} + \tilde{L}_{i,i}\ , \quad (7)$$

а безусловная длина *i*-ой очереди при шлюзовом варианте обслуживания

$$L_i = \sum_{n=1}^{N} q_{n,1}\tilde{L}_{i,n} + q_{i,1}\bar{L}_{i,i}. \quad (8)$$

Решение системы уравнений (2) задача хотя и трудоёмкая, но не сложная. Главную сложность представляет идентификация выражений (3)–(6). Отыскание и оценка таких параметров, как $q_{i,j}$, $R_{B_i}$, $R_{S_i}$, $R_{V_{i,j}}$, является не простой, отдельной проблемой и оказывается основным препятствием на пути практического использования представленных моделей. Именно это побудило авторов, стремившихся к получению не только достоверных, но и реализуемых результатов, применить в своем исследовании аппарат имитационного моделирования.

В качестве предмета имитационного моделирования была выбрана поллинговая система массового обслуживания, имеющая в своем составе четыре независимые очереди, пополнение которых происходит пуассоновскими потоками заявок с интенсивностями $\lambda_i, i=\overline{1,4}$. Предполагается, что обход очередей обслуживающим устройством выполняется циклически без затрат времени на переход от одной очереди к другой.

Рассмотрим ситуацию, когда поток обслуживания распределен экспоненциально и имеет одинаковую интенсивность μ для заявок любой очереди. При этом устанавливается предельное время пребывания заявок в стадии обслуживания Θ, по достижении которого их обслуживание прекращается, а заявки либо удаляются из системы, либо снова помещаются в ту же очередь. Это самым существенным образом меняет вид функции распределения. Она приобретает конечный размах [0, Θ] и, если представить возникшие изменения на гистограмме, то это выразится в присоединении всех разрядных частот, больших Θ, к разряду, для которого величина Θ является правой границей (см. рис. 1).

Наиболее близкий аналог этого распределения, аналитическое выражение которого известно, можно отыскать среди так называемых кривых Пирсона [9]. Это обширное семейство функций, порождаемое решениями дифференциального уравнения

$$\frac{dy}{y} = \frac{x-C_1}{C_0+C_1x+C_2x^2}dx, \quad (9)$$

общий интеграл которого может быть записан в виде

$$y = y_0 e^{h(x)}, \quad (10)$$

где

$$h(x) = \int\frac{x-C_1}{C_0+C_1x+C_2x^2}dx. \quad (11)$$

Постоянные, входящие в состав подынтегрального выражения (11), определяются через моменты распределения

$$C_0 = -\delta^2 \frac{u+1}{u-2};\ C_1 = -\frac{\delta r_3}{2}\frac{u+2}{u-2};\ C_2 = \frac{1}{u-2};u = \frac{6\left(r_4 - r_3^2 - 1\right)}{3r_3^2 - 2r_4 + 6}, \tag{12}$$

где $r_3$ и $r_4$ – третий и четвертый основные моменты распределения.

Нас будет интересовать случай, когда корни знаменателя подынтегрального выражения действительны и различны по знаку. Это выполняется при условии

$$C_1^2 - 4C_0C_2 > 0 \ \text{ и } C_0C_2 < 0, \tag{13}$$

а функция плотности вероятности искомого распределения имеет вид

$$f(x) = M\left(1 + \frac{x}{\ell_1}\right)^{\tau_1}\left(1 - \frac{x}{\ell_2}\right)^{\tau_2}, \tag{14}$$

где $M$ – нормировочный множитель.

Значения параметров $\tau_1$, $\tau_2$, $\ell_1$, $\ell_2$ также определяются с помощью моментов распределения

$$\left.\begin{matrix}\tau_1\\ \tau_2\end{matrix}\right\} = \frac{1}{2}\left[(u-2) \mp u(u+2)\frac{\tau_3}{\sqrt{r_3^2(u+2)^2 + 16(u+1)}}\right];\ell_1 = \frac{\tau_1\ell}{u-2};\ell_2 = \frac{\tau_2\ell}{u-2}, \tag{15}$$

где $\ell$ – размах распределения. И если $\tau_1$ и $\tau_2 \in (-1, 0)$, то функция плотности вероятности имеет вид, представленный на рис. 2.

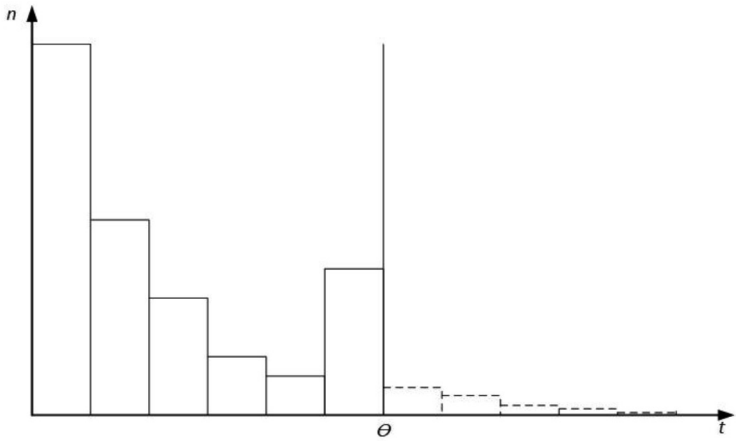



*Рис. 1. Гистограмма функции распределения потока с ограниченным временем жизни заявок. Пунктиром отмечены разряды, превосходящие Θ*

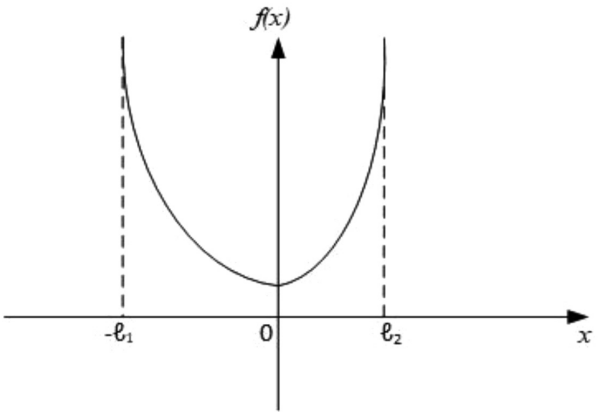



*Рис. 2. График функции распределения, задаваемой соотношением (14)*

Предполагается, что случайная величина $x$ центрирована так, что в точке $x = 0$ функция $f(x)$ достигает своего минимального значения.

*Имитационная модель и обсуждение ее результатов*

Функция распределения плотности вероятности (14) дает описание сложного многопараметрического распределения, идентификация параметров которого требует вычисления четырех основных моментов. Поэтому применение его в вычислительных схемах, в частности, для определения параметров системы уравнений (3)–(6), представляется малоперспективным. С помощью имитационного моделирования эти затруднения преодолеваются, поскольку оно позволяет осуществить численный анализ сколь угодно сложного процесса, минуя стадию аналитического сопровождения.

Используя средства имитационного моделирования, мы проследили, как изменятся технико-экономические и эксплуатационные характеристики поллинговой системы с четырьмя независимыми очередями после введения ограничений на время жизни заявок в пуассоновском потоке обслуживания. Прежде всего, рассмотрим как с введением ограничений на время пребывания заявок в стадии обслуживания изменяется величина свободного времени обслуживающего устройства, что для любых систем является важнейшим технико-экономическим показателем. В табл. 1 приведены результаты имитационного эксперимента, целью которого была количественная оценка описанных изменений для различных вариантов организации обслуживания и пополнения очередей внутри поллинговой системы.

Анализ данных, представленных в таблице, показывает, что по мере сокращения времени жизни заявок $\Theta$ заметно растет количество заявок, покидающих систему в связи с исчерпанием лимита времени $\Theta$, а вместе с этим увеличивается доля времени, в течение которого обслуживающее устройство оказывается свободным. Важным, на наш взгляд, является тот факт, что эти величины практически одинаковы и для исчерпывающего, и для шлюзового варианта обслуживания. Заметим также, что доля заявок, покинувших систему до завершения обслуживания, совпадает с точностью до 1% с аналогичным показателем для системы массового обслуживания с одной очередью, который был вычислен по известному расчетному соотношению. Это полностью согласуется с выводами, сделанными авторами в работе [6], о том, что поллинговая система выполняет функцию усреднения по ансамблю и что для оценки ряда технико-экономических характеристик поллинговых систем можно использовать формулы, описывающие поведение традиционных систем массового обслуживания.

Введение ограничения на время жизни заявок, как упоминалось выше, расширяет возможности администрирования. При наличии резерва свободного времени обслуживающее устройство может быть выведено из эксплуатации для проведения планового

**Таблица 1**

Результаты имитационного моделирования поллинговой системы с ограничением времени жизни заявок

| Предельное время обслуживания | Интенсивности потоков пополнения очередей | Шлюзовое обслуж. | | Исчерпывающее обслуж. | | Количество «отрезанных» заявок однокональной системы % |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Количество «отрезанных» заявок % | Свободное время обслуживающего устройства % | Количество «отрезанных» заявок % | Свободное время обслуживающего устройства % | |
| $\theta = \frac{3}{\mu}$ | $\lambda = (1,2,3,4)$ | 5,10 | 4,36 | 5,00 | 4,31 | 4,98 |
| | $\lambda = (2.5,2.5,2.5,2.5)$ | 5,05 | 4,71 | 5,14 | 4,45 | |
| | $\lambda = (7,1,1,1)$ | 5,05 | 5,44 | 5,07 | 4,98 | |
| $\theta = \frac{2}{\mu}$ | $\lambda = (1,2,3,4)$ | 13,88 | 12,68 | 13,80 | 12,57 | 13,54 |
| | $\lambda = (2.5,2.5,2.5,2.5)$ | 13,63 | 13,89 | 13,79 | 14,01 | |
| | $\lambda = (7,1,1,1)$ | 13,80 | 13,54 | 13,86 | 13,14 | |
| $\theta = \frac{1,5}{\mu}$ | $\lambda = (1,2,3,4)$ | 22,43 | 22,58 | 22,50 | 22,44 | 22,32 |
| | $\lambda = (2.5,2.5,2.5,2.5)$ | 22,39 | 22,75 | 22,37 | 22,72 | |
| | $\lambda = (7,1,1,1)$ | 22,50 | 21,95 | 22,27 | 22,87 | |
| $\theta = \frac{1}{\mu}$ | $\lambda = (1,2,3,4)$ | 36,64 | 36,88 | 36,61 | 36,94 | 36,79 |
| | $\lambda = (2.5,2.5,2.5,2.5)$ | 37,02 | 36,82 | 36,84 | 36,47 | |
| | $\lambda = (7,1,1,1)$ | 36,78 | 36,79 | 36,64 | 37,15 | |

профилактического осмотра, мелкого ремонта и т.п. без ущерба для его основной деятельности. Из материалов табл. 1 видно также, что если $\theta \simeq \frac{1,5}{\mu}$, величина ресурса свободного времени обслуживающего устройства, становится достаточной для организации дополнительной очереди. Действительно, если резерв свободного времени превышает 20%, то это означает, что на обработку потока заявок от четырех очередей обслуживающее устройство затрачивает только 80% рабочего времени. Таким образом, возникает возможность подключения к обслуживанию еще одной очереди, интенсивность пополнения которой равна среднему арифметическому интенсивностей четырех очередей, изначально входивших в состав поллинговой системы.

Еще одной целью имитационного моделирования в настоящей работе была оценка длин очередей и характера их изменения при введении ограничений на время жизни заявок. Это один из важнейших эксплуатационных показателей любых систем массового обслуживания, причем для пользователей он, несомненно, является приоритетным. Результаты имитационных экспериментов, реализованных в среде AnyLogic, представлены в табл. 2.

**Таблица 2**

Длины очередей поллинговой системы

| Интенсивности потоков пополнения очередей | Длины очередей | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Исчерпывающее обслуживание | | | | | Шлюзовое обслуживание | | | | |
| | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_{сумма}$ | $L_1$ | $L_2$ | $L_3$ | $L_4$ | $L_{сумма}$ |
| $\lambda = (2.5,2.5,2.5,2.5)$, $\mu = 12$, без среза | 1,787 | 1,743 | 1,779 | 1,749 | 7,058 | 1,817 | 1,809 | 1,747 | 1,798 | 7,172 |
| $\lambda = (2.5,2.5,2.5,2.5)$, $\mu = 10$, без среза | 35,24 | 35,87 | 35,19 | 35,47 | 141,77 | 23,64 | 22,67 | 24,12 | 23,95 | 94,37 |
| $\lambda = (2.5,2.5,2.5,2.5)$, $\mu = 10$, $t_{среза} = 1,5/\mu = 0,15$ | 1,338 | 1,397 | 1,318 | 1,372 | 5,426 | 1,303 | 1,279 | 1,367 | 1,378 | 5,327 |
| $\lambda = (2.5,2.5,2.5,2.5)$, $\mu = 10$, $t_{среза} = 2/\mu = 0,2$ | 1,907 | 1,853 | 1,833 | 1,891 | 7,485 | 2,094 | 2,122 | 2,073 | 2,149 | 8,438 |
| $\lambda = (1,2,3,4)$, $\mu = 12$, без среза | 1,00 | 1,843 | 2,618 | 3,273 | 8,733 | 0,691 | 1,641 | 2,463 | 3,613 | 8,408 |
| $\lambda = (1,2,3,4)$, $\mu = 10$, без среза | 24,85 | 44,18 | 58,71 | 68,94 | 196,67 | 7,76 | 16,59 | 26,89 | 38,67 | 89,89 |
| $\lambda = (1,2,3,4)$, $\mu = 10$, $t_{среза} = 1,5/\mu = 0,15$ | 0,713 | 1,369 | 1,953 | 2,744 | 6,779 | 0,584 | 1,313 | 1,936 | 2,838 | 6,672 |
| $\lambda = (1,2,3,4)$, $\mu = 10$, $t_{среза} = 2/\mu = 0,2$ | 1,262 | 2,574 | 3,478 | 4,353 | 11,668 | 0,865 | 2,00 | 3,007 | 4,375 | 10,247 |
| $\lambda = (7,1,1,1)$, $\mu = 12$, без среза | 6,357 | 1,863 | 1,602 | 1,551 | 11,373 | 9,816 | 1,033 | 1,101 | 0,987 | 12,938 |
| $\lambda = (7,1,1,1)$, $\mu = 10$, без среза | 82,30 | 34,55 | 35,59 | 36,89 | 189,34 | 117,8 | 11,49 | 11,56 | 10,61 | 151,46 |
| $\lambda = (7,1,1,1)$, $\mu = 10$, $t_{среза} = 1,5/\mu = 0,15$ | 6,383 | 1,495 | 1,469 | 1,277 | 10,625 | 7,177 | 0,797 | 0,768 | 0,708 | 9,449 |
| $\lambda = (7,1,1,1)$, $\mu = 10$, $t_{среза} = 2/\mu = 0,2$ | 6,838 | 2,026 | 1,972 | 1,794 | 12,629 | 8,751 | 0,84 | 8,36 | 8,49 | 11,275 |

Как и следовало ожидать, ограничение времени пребывания заявок в стадии обслуживания значительно сокращает длины очередей поллинговой системы. Фактически из материалов табл. 2 ясно видно, что это эквивалентно соответствующему увеличению интенсивности потока обслуживания. Так, введение ограничения времени жизни заявок до $\theta = \frac{1,5}{\mu} - \frac{2}{\mu}$ дает примерно такой же эффект, как увеличение интенсивности обслуживания μ с 10 до 12. Заметим в очередной раз, что и на длину очереди поллинговой системы изменение режима обслуживания не оказывает сколько-нибудь заметного влияния. Это позволяет не принимать во внимание данный фактор при решении задач администрирования.

Интересным результатом имитационного моделирования, на наш взгляд, является тот факт, что между длинами очередей поллинговых систем в целом с различными интенсивностями потоков пополнения обнаруживается заметное различие. Это можно объяснить тем, что при рассмотрении работы обслуживающего устройства наблюдаемое усреднение поступающих заявок осуществлялось по ансамблю. При анализе же процесса изменения длин очередей начинает проявляться влияние фактора времени через различие интенсивностей входных потоков заявок. Таким образом, для поллинговых систем среднее по ансамблю не может быть отождествлено с усреднением по времени. Отсюда следует, что для систем поллинга гипотезу эргодичности средствами имитационного моделирования подтвердить не удается.

## Выводы

1. Построены имитационные модели поллинговых систем с ограниченным временем жизни заявок.

2. В рамках этой модели предложен вид функции распределения потока обслуживания и установлено ее аналитическое выражение.

3. Доказано, что перераспределение интенсивностей входных потоков пополнения очередей не влияет на эксплуатационные свойства системы, функционирующей как в шлюзовом, так и в исчерпывающем режимах.

4. Расширены возможности администрирования, в частности исследована возможность подключения к обслуживанию дополнительной очереди.

## Список литературы

1. Leibowitz M.A. An approximate method for treating a class of multiqueue problems / M.A. Leibowitz // IBM Journal of Research and Development. – 1961. – Vol. 5, № 3. – P. 204–209.

2. Муршед Ф.А. Оптимизация системы поллинга с применением динамической схемы маршрутизации сервера / Ф.А. Муршед, Н.К. Нуриев // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 22. – С. 88–91.

3. Муршед Ф.А. Имитационная модель системы поллинга с циклическим опросом и исчерпывающей дисциплиной обслуживания очередей / Ф.А. Муршед, Н.К. Нуриев // Вестник Казанского технологического университета. – 2017. – Т. 20, № 13. – С. 107–109.

4. Boon M.A. Applications of polling systems / M.A. Boon, R.D. Van der Mei, E.M. Winands // Surveys in Operations Research and Management Science. – 2011. – Vol. 16, № 2. – P. 67–82.

5. Dorsman J.-P.L. Markovian polling systems with an application to wireless random-access networks / J.-P.L. Dorsman, S.C. Borst, O.J. Boxma, M. Vlasiou // Performance Evaluation. – 2015. – Vol. 85. – P. 33–51.

6. Муршед Ф.А. Исследование поллинговых систем на основе имитационных моделей с использованием программного комплекса anylogic / Ф.А. Муршед, Е.А. Печеный, Н.К. Нуриев // Вестник Казанского технологического университета. – 2018. – Т. 21, № 2. – С. 109–115.

7. Рыжиков Ю.И. Расчет сети обслуживания с ограничением времени жизни заявок / Ю.И. Рыжиков, А.В. Уланов // XII всероссийское совещание по проблемам управления ВСПУ-2014. – 2014. – С. 8620–8624.

8. Вишневский В.М. Системы поллинга: теория и применение в широкополосных беспроводных сетях / В.М. Вишневский, О.В. Семенова. – М.: Техносфера, 2007. – 312 с.

9. Митропольский А.К. Техника статистических вычислений / А.К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.

УДК 004.946

# РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОГО ТРЕНАЖЁРА DUOMATIC 09-32

**Сатдаров М.Р., Староверова Н.А.**

*ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», Казань, e-mail: nata-staroverova@yandex.ru*

Под автоматизированной тренажёрно-обучающей системой подразумевается специализированный АПК (аппаратно-программный комплекс), способствующий увеличению навыков и умений специалистов и учеников. Появлению тренажёров способствовала необходимость подготовки специалистов для работы на определённом оборудовании, либо со смежными действиями, функционалом, а также военной направленности. В наше время, в соответствии с ростом количества компьютеров и информационных технологий, с разработкой новейшей техники, когда эксплуатация и работа с ней связана с определённого рода риском и опасностью для жизни и здоровья человека и человечества в целом, появляется новая индустрия – виртуальные тренажёры, а также тренажёрные технологии. Целью данной научно-исследовательской работы является повышение качества уровня навыков движения, а также выпрямительно-подъёмно-рихтовочных операций оператора-машиниста специального поездного состава Duomatic 09-32. Для достижения данных целей изучена предметная область, разработана концепция, на основе которой разработана и спроектирована виртуальная модель тренажёра Duomatic 09-32. Модель можно использовать как для собственных разработок, так и в дальнейшем сторонними разработчиками. Процесс разработки и проектировки предполагает под собой построение MS Visio диаграмм для понимания архитектуры, непосредственное кодирование и отладки программного кода.

**Ключевые слова: виртуальный тренажёр, разработка, тестирование, создание прототипа, алгоритм работы**

# DEVELOPMENT OF THE DUOMATIC 09-32 VIRTUAL SIMULATOR

**Satdarov M.R., Staroverova N.A.**

*Kazan National Research Technological University, Kazan, e-mail: nata-staroverova@yandex.ru*

Under the automated training system means a specialized agribusiness (hardware and software) that increases the skills and abilities of professionals and students. The appearance of simulators contributed to the need to train specialists to work on certain equipment, or with related actions, functionality, as well as military orientation. In our time, in accordance with the growth of computers and information technologies, with the development of modern technology, when the operation and work with it associated with a certain kind of risk and danger to human life and health and humanity as a whole, there is a new industry – virtual simulators, as well as training technology. The purpose of this research is to improve the quality of the level of driving skills, as well as rectifying and lifting operations operator-driver of a special train Duomatic 09-32 to achieve these goals studied subject area, developed a concept on the basis of which, developed and designed a virtual model simulator Duomatic 09-32. The model can be used both for own developments, and further by third-party developers. The process of development and design requires a building Visio diagrams to understand the architecture, its coding and debug the code.

**Keyword: virtual simulator, development, testing, prototyping, algorithm**

Последнее время разработка виртуальных тренажеров, является актуальной деятельностью и перспективным направлением в сфере IT технологий. Присутствует огромное разнообразие средств обучения, таких как электронные учебники, компьютерные тренажеры, виртуальные лаборатории и системы компьютерного тестирования. Преимущества данных исследований и разработки подтверждены большинством авторитетных мнений разработчиков и руководителей многих компаний.

Под автоматизированной тренажёрно-обучающей системой подразумевается специализированный АПК (аппаратно-программный комплекс) способствующий увеличению навыков и умений специалистов и учеников [1].

Тренажёрные технологии являются безусловно сложными комплексами, системами симуляции, а также моделирования, технологическими программами и физическими моделями, предназначенными, чтобы подготовить своего рода личность к принятию объективных и своевременных, быстрых и верных решений [2].

Области, в которых могут применяться данные тренажёрные комплексы, постоянно расширяются, увеличивают круг влияния и сферы деятельности. Данные технологии тренажёров появились и применяются там, где реализация на реальных людях и т.д. может повлечь за собой пагубные последствия и нести опасность для окружающих людей.

Деятельность оператора Duomatic 09-32, как один из видов операторской деятельности, изучаемой инженерами, прежде всего, обладает такими особенностями, как ограниченность времени для принятия решения, высокая цена ошибки, высокая вероятность возникновения непредвиденных ситуаций. В связи с этими особенностями деятельности, а также учитывая сложные ситуации на

железнодорожных путях и ответственность инженера не только за себя, но и за других участников движения, управление составом рассматривают как сложный процесс, требующий эмоционального напряжения, мобилизованности, способности постоянно анализировать окружающую обстановку и прогнозировать развитие ситуации. Сопротивляемость влиянию отрицательных факторов управления железнодорожным составом различна и зависит от индивидуальных особенностей машиниста, его психологических качеств и практических навыков [1].

В каждой профессии можно определить наиболее важные процессы, которые определяют качество и безопасность работы. Для машиниста – это восприятие железнодорожной ситуации в многообразии ее проявлений (составы, люди на путях, железнодорожные знаки, светофоры и др.), анализ и переработка поступающей информации, принятие решения и своевременное выполнение действия по управлению составом Duomatic 09-32. Современная железная дорога предъявляет очень высокие требования к навыкам оператора-машиниста. При современных скоростях, развиваемых составами, и опасности передвижения, а также работ по рихтовке, выпрямлению, и подъёмке железнодорожных рельсов, машинист-оператор должен уметь воспринимать большие объемы информации о характере и режиме движения всех участников, о состоянии железной дороги, окружающей среды, средствах регулирования, о состоянии узлов поездного состава. Кроме того, анализировать информацию и принимать необходимое решение, как уже отмечалось, в ограниченные промежутки времени. Часто именно дефицит времени является причиной железнодорожно-транспортного происшествия.

Целью данной научно-исследовательской работы является повышение качества уровня навыков движения, а также выпрямительно-подъёмно-рихтовочных операций оператора-машиниста специального поездного состава Duomatic 09-32.

## Материалы и методы исследования

Для достижения данных целей изучена предметная область, разработана концепция, на основе которой разработана и спроектирована виртуальная модель тренажёра Duomatic 09-32.

Современные тренажёры основаны на принципах развития практических навыков моделирования, а также благодаря Unity 3D, C# и 3ds MAX. Реализация данного подхода стала целесообразной и рентабельной благодаря виртуальному моделированию, сенсорным мониторам, заменяющим натурные элементы ручки акселератора, а также тормозов. На фундаменте данных методик и технологий базируются тренажёрные комплексы, которые позволяют погрузиться в действия с невероятной реалистичностью и высочайшей детальностью в режиме реального времени.

Модель можно использовать как для собственных разработок, так и в дальнейшем сторонними разработчиками.

Процесс разработки и проектировки предполагает под собой построение MS Visio диаграмм для понимания архитектуры, непосредственное кодирование и отладку программного кода. В качестве инструментов выбран мощный кроссплатформенный движок Unity3D. Данный движок является самодостаточным, но для бóльших возможностей разработки используется интегрированная среда разработки Visual Studio 2017, которая позволяет управлять потоком программы Unity3D.

Язык C# предоставляет возможность программисту разрабатывать виртуальные тренажёры и является кроссплатформенным. Кроссплатформенность – возможность использования одного и того же написанного кода программы для использования на разных источниках, таких как компьютер, смартфон или сервер.

Unity занимает 45% рынка независимых движков, что в три раза больше, чем у ближайшего конкурента [3–5].

## Результаты исследования и их обсуждение

Выправочно-рихтовочно-подбивочная машина – железнодорожный состав для выправки пути в различном профиле и в плане, а также для уплотнения щебня. Обычно используются для строительных целей, ремонта пути. Рабочие органы состава являются расположенными над каждой рельсовой нитью: специализированные блоки подъёмно-рихтовочных устройств. Подбивочные блоки хранят по 16 стоек, нижние концы колеблются в пределах 10–15 мм. На рис. 1 представлен чертёж Duomatic 09-32.

Имитация реального специального самоходного подвижного состава и алгоритм работы электрической, пневматической и гидравлической схем позволяют полностью воспроизвести полноценное натурное движение состава, а также реализовать физические процессы и модели окружающего мира.

В обучении осуществляется регистрация всех действий машиниста и оператора, а также параметры для специального самоходного поездного состава и действия обучаемого в рамках специальной программы и алгоритма действий, анализа поездок. Реализованы переговоры помощника и машиниста, диспетчера и соседних локомотивов. Составлен программный комплекс, способный определять корректность разговоров и способный в процентном соотношении анализировать и выводить оценку качества разговоров в рамках регламента переговоров [6, 7].

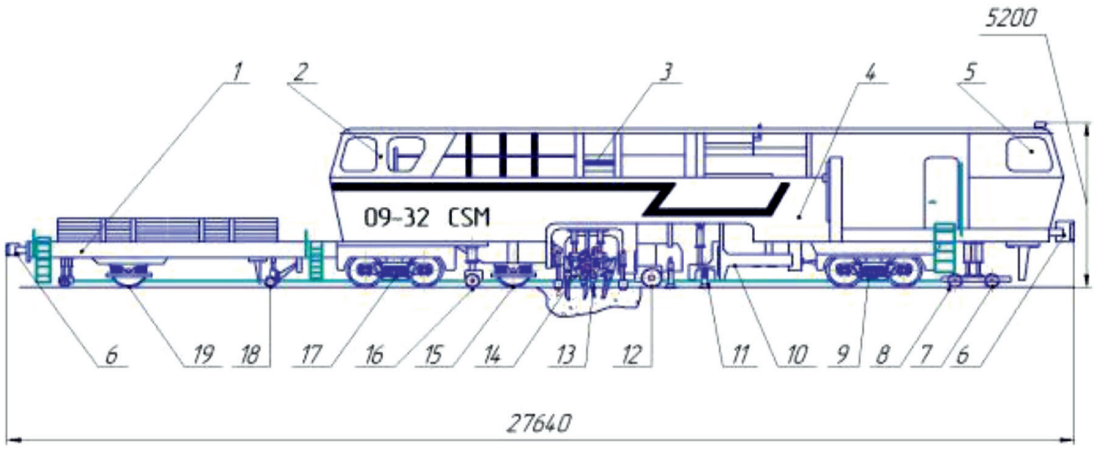



*Рис. 1. Чертёж Duomatic 09-32 (1 – полуприцепная платформа, 2, 5 – кабины машиниста и оператора, 3 – нивелировочная контрольно-измерительная система,4 – корпус с силовым агрегатом, 6 – автосцепка, 7, 12, 16, 18 – тележки, 8 – мерный каток с датчиком пути, 9, 17 – тяговая и бегунковая ходовые тележки, 10 – спутник, 11 – подъёмно-рихтовочное устройство, 13 – подбивочные блоки, 14 – уплотнители балласта, 15, 19 – приводные колесные пары)*

Производится максимально точная симуляция процессов окружающего мира, которая воспроизводит все условия, дождь, снег, солнце, внештатные ситуации, капли на лобовом стекле, время суток, температуру окружающей среды.

Программа изменяет коэффициент сцепления, условия видимости, работу системы торможения, условия низкой температуры.

В работе производится расчёт электрической, пневматической, а также гидравлической схем, воздухораспределителей, кранов, реле, переключателей, силовых агрегатов. Моделируется электрический ток в электросхеме. Расчёт давления в пневмосистеме имитирует реальное изменение воздуха, анимацию данного процесса, системы поиска утечек, их создание, отслеживание поведения и реакцию обучаемого [8, 9].

В программном комплексе используется 15 сенсорных мониторов: 9 мониторов ASUS – диагональ 40 дюймов; 6 мониторов ASUS – диагональ 43 дюйма

На рис. 2 отображен пульт машиниста, осуществляющего операции:

– Движения ССПС.
– Выпрямление.
– Рихтовка.
– Подъёмка.

Разработка осуществлялась в программах:

– Microsoft Visio.
– Corel draw.
– C#.
– Unity 3D.
– Axure RP.

В процессе разработки была реализована блок-схема регламента переговоров для создания специализированного ПО разработчиками, а также прототип интерфейса, тип сохранения, логирование.

### *Концепт виртуального тренажёра Duomatic 09-32*

В процессе виртуального моделирования, использования языков C#, Unity 3D, 3ds MAX реализована готовая концепция виртуального тренажёра с сенсорными кнопками, переключателями, регуляторами, реализован путь в 150 км, окружающая обстановка соответствует действительности, подобраны звуки, описывающие реалистичные модели поведения окружающей среды, поездного состава, переключения кнопок, разгон, торможение. Это поистине уникальный продукт и новейшее внедрение сенсорных технологий, программной логики в мир IT инноваций [10].

Реализованы функции:

– Модуль устранения неисправностей.
– Имитация машиниста.
– Имитация работы оператора.
– Нештатные ситуации, 86 шт.
– Регламент переговоров.
– Рабочее место инструктора.
– Создание новой группы.
– Создание нового студента.
– Выбор точки старта.
– Выбор погоды.
– Выбор времени виртуального мира.

*Рис. 2. Пульт машиниста*

## Заключение

Созданный виртуальный тренажер обладает всеми необходимыми требованиями для подготовки машинистов-операторов Duomatic 09-32, реализован режим инструктора, модуль устранения неисправностей, регламент переговоров. Аппаратно-программный комплекс позволяет проходить практические упражнения в разных условиях окружающей среды, отрабатывать навыки управления специализированным самоходным поездным составом и осуществлять подбивочно-рихтовочно-выпрямительные операции.

## Список литературы

1. Трухин А.В. Анализ существующих в РФ тренажёрно-обучающих систем [Электронный ресурс]. – URL: http://ido.tsu.ru/files/pub2008/8.pdf (дата обращения: 17.06.2018).

2. Теоретические основы и технология применения системно-когнитивного анализа в автоматизированных системах обработки информации и управления (АСОИУ) (на примере АСУ вузом) / Под науч. ред. д.э.н., проф. Е.В. Луценко: монография (научное издание). – Майкоп: АГУ, 2009. – 536 с.

3. Игровой движок Unity [Электронный ресурс]. – URL: https://unity3d.com/ru/unity (дата обращения: 15.06.2018).

4. Эндрю Троелсен. Язык программирования C# 2010 и платформа .NET 4. – 5-е изд. – М.: Вильямс, 2011. – 1392 с.

5. Джозеф Хокинг. Unity в действии: Мультиплатформенная разработка на C#. – СПб.: Питер, 2016. – 336 с.

6. Введение геймдизайн: Основные понятия и принципы проектирования игр / Ян Шрайбер, перевод Анатолия Шестова [Электронный ресурс]. – URL: https://vc.ru/10495-gamedev-challenges (дата обращения 25.05.2018).

7. Баксанский О.Е. Виртуальная реальность и виртуализация реальности / О.Е. Баксанский // Концепция виртуальных миров и научное познание. – СПб.: РХГИ, 2000. – 320 с.

8. Клименко С. Профессиональные системы виртуальной реальности на базе PC / С. Клименко, И. Вигер [Электронный ресурс]. – URL: http://nvworld.ru/files/old/docs/reality.html (дата обращения: 25.05.2018).

9. Головач В. Создание прототипов интерфейсов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.usethics.ru/lib/prototype/ (дата обращения: 25.05.2018).

10. Гультяев А.К. Проектирование и дизайн пользовательского интерфейса / А.К. Гультяев, В.А. Машин. – М.: Корона-Принт, 2007. – 352 с.

УДК 004.9:517.958

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ МАЛЫХ ВНУТРЕННИХ ДВИЖЕНИЙ НЕВЯЗКОЙ НЕСЖИМАЕМОЙ СТРАТИФИЦИРОВАННОЙ ЖИДКОСТИ

**Свиридова Е.Н.**

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

Исследуются двумерные малые внутренние движения невязкой несжимаемой стратифицированной жидкости, которая находится в состоянии равномерного вращения вокруг вертикальной оси. Математическая модель данного физического процесса представляет из себя замкнутую систему уравнений в частных производных, состоящую из уравнений гидродинамики, в которых учтены сила Кориолиса и гравитационные силы. Предполагается, что функция плотности жидкости изменяется в направлении гравитационного поля по экспоненциальному закону. Это приводит к заключению о постоянстве частоты Вейсяля – Брента для рассматриваемой задачи. Колебания, которые учитывают силу Кориолиса и гравитационные силы, называются гравитационно-гироскопическими волнами. Уравнения записаны в системе координат, вращающейся вместе с жидкостью с постоянной угловой скоростью. Система уравнений дополнена необходимыми начальными и граничными условиями. Выписаны явные представления для главных членов асимптотик компонент вектора скорости частиц жидкости. Исследовано влияние различных физических параметров (параметр стратификации жидкости, угловая частота вращения жидкости) на асимптотики этих компонент. Приведены графики зависимости главных членов асимптотик компонент вектора скорости частиц жидкости от времени при различных значениях физических параметров, входящих в исследуемую систему.

**Ключевые слова: стратифицированная вращающаяся жидкость, системы уравнений динамики жидкости, асимптотическое поведение, главные члены асимптотик**

# MATHEMATICAL MODELING OF SMALL INTERNAL MOTIONS IN NONVISCOUS INCOMPRESSIBLE STRATIFIED LIQUID

**Sviridova E.N.**

*Military Educational and Scientific Center of the Air Force «N.E. Zhukovsky and Yu.A. Gagarin Air Force Academy», Voronezh, e-mail: sviridova.e.n@mail.ru*

The two-dimensional small internal motions of the nonviscous incompressible stratified liquid are investigated. The liquid rotates uniformly around the vertical axis. Mathematical model of this physical process is a closed system of partial differential equations, consisting of equations of hydrodynamics, in which the Coriolis force and gravitational forces are taken into account. It is assumed that the liquid density function changes in the direction of the gravitational field according to the exponential law. This leads to the conclusion that the Brunt-Väisälä frequency is constant for the problem under consideration. Oscillations that take into account the Coriolis force and gravitational forces are called gravity-gyroscopic waves. Equations are presented in a coordinate system rotating together with a fluid. The angular velocity of rotation is constant. The system of equations is completed by necessary initial and boundary conditions. The dominant terms of the asymptotic form of the velocity vector components are obtained. The influence of various physical parameters on the asymptotic form of the velocity vector components are analyzed. Graphs of the dominant terms of the asymptotic form of the velocity vector components against time at varying values of the different physical parameters are given.

**Keywords: stratified rotating liquid, fluid dynamic equations, asymptotic behavior, dominant terms of the asymptotic forms**

Работа посвящена исследованию линейной задачи нестационарной теории внутренних волн, распространяющихся в стратифицированной жидкости.

Задачи о распространении внутренних волн и колебаний в стратифицированных жидкостях представляют собой большой интерес, а исследования в этой области имеют высокое практическое значение, так как позволяют прогнозировать и понимать природу обширного круга явлений, связанных с проблемами океана, физики атмосферы и геофизики.

Стратифицированной называется жидкость, у которой изменение физических свойств в стационарном состоянии происходит лишь в конкретном направлении. То есть функции, определяющие физические характеристики такой жидкости в стационарном состоянии, будут зависеть только от одной пространственной переменной. При этом свойства могут изменяться непрерывно либо скачкообразно.

Будем рассматривать стратификацию жидкости, вызванную силой тяжести. Распределение частиц, солей и взвешенных суспензий, создаваемое в жидкости этой силой, будет сопровождаться неоднородностью плотности жидкости в направлении гравитационного поля.

*Постановка задачи*

Рассмотрим движение невязкой несжимаемой стратифицированной жидкости, находящейся в состоянии равномерного вращения вокруг вертикальной оси. Введем декартову систему координат ($x_1$, $x_2$, $x_3$), вращающуюся вместе с жидкостью, причем ось $Ox_3$ направим вдоль оси вращения. Относительно этой системы невозмущенная жидкость является покоящейся. Малые движения этой жидкости в поле сил тяжести в отсутствие других внешних сил принято описывать следующей системой уравнений [1]:

$$\begin{cases} \rho_0 \dfrac{\partial \mathbf{V}}{\partial t} + \rho_0 [\boldsymbol{\alpha}, \mathbf{V}] + grad\, p + \rho_1 g \mathbf{e_3} = 0, & (1.1) \\ \dfrac{\partial}{\partial t}\rho_1 - \omega_0^2(x_3)(\mathbf{e_3}\cdot\mathbf{V})\rho_0 g^{-1} = 0, & (1.2) \\ div\ \mathbf{V} = 0, & (1.3) \\ \rho_0 = \rho_0(x_3), & (1.4) \end{cases}$$

где $\mathbf{V} = (V_1, V_2, V_3)$ – вектор скорости частиц жидкости; $\boldsymbol{\alpha} = (0, 0, \alpha)$ – вектор Кориолиса ($\alpha$ – удвоенная частота вращения); $\rho_1(x, t)$ – изменение плотности, вызванное движениями жидкости; $p$ – динамическое давление; $\mathbf{e_3}$ – орт оси $Ox_3$; $g$ – ускорение свободного падения. Вектор $g\mathbf{e_3}$ представляет из себя вектор ускорения свободного падения, включающий только гравитационную составляющую, тогда как составляющей, вызванной наличием центробежного ускорения, можно пренебречь [1]. Через $\omega_0^2(x_3)$ обозначен квадрат частоты Вейсяля – Брента, определяемый формулой

$$\omega_0^2(x_3) = -g\rho_0'(x_3)/\rho_0(x_3). \qquad (2)$$

Частота Вейсяля – Брента $\omega_0(x_3)$ является важнейшей характеристикой динамических свойств стратифицированной жидкости. Предполагается, что распределение плотности жидкости $\rho_0(x_3)$ удовлетворяет естественному физическому условию устойчивости стратификации: $\rho_0'(x_3) \le 0$. Стационарная плотность жидкости считается зависящей лишь от переменной $x_3$ [1].

В системе (1) уравнение (1.1) представляет собой закон сохранения импульса; уравнения (1.2) и (1.3) следуют из уравнения неразрывности сплошной среды и предположения о несжимаемости жидкости. Предположение о несжимаемости приводит к уравнению

$$div\ \mathbf{V} = 0,$$

а уравнение неразрывности, имеющее в линейном приближении вид

$$\partial\rho_1/\partial t + div(\rho_0\mathbf{V}) = 0,$$

будучи переписано в виде

$$\frac{\partial}{\partial t}\rho_1 + (\mathbf{e_3}\cdot\mathbf{V})\rho_0'(x_3) + \rho_0(x_3)\, div\ \mathbf{V} = 0,$$

с учетом (1.3) приводит к уравнению

$$\frac{\partial}{\partial t}\rho_1 + (\mathbf{e_3}\cdot\mathbf{V})\rho_0'(x_3) = 0,$$

которое с учетом представления (2) для частоты Вейсяля – Брента может быть переписано в виде (1.2).

Колебания, описываемые системой (1), которые учитывают силу Кориолиса и гравитационные силы, называются гравитационно-гироскопическими волнами [1–3].

Если рассмотреть явное выражение для частоты Вейсяля – Брента через стационарное распределение плотности (2), то легко видеть, что эта частота будет постоянной в случае, когда функция $\rho_0(x_3)$ является экспоненциальной, то есть $\rho_0(x_3) = A\exp(-2\beta x_3)$, где $A$, $\beta$ – положительные константы. Практическая важность рассмотрения этого случая обусловлена тем, что распределение плотности по экспоненциальному закону является больцмановским распределением в однородном поле сил тяжести и тем самым оказывается одним из наиболее часто встречающихся в физике распределений.

Далее будем изучать систему (1) с учетом экспоненциальной стратификации жидкости и, как следствие, постоянства частоты Вейсяля – Брента:

$$\omega_0^2 = 2\beta g. \qquad (3)$$

Будем рассматривать двумерные движения вращающейся стратифицированной жидкости, то есть такие движения, которые описываются функциями $\mathbf{V}$ и $p$, не зависящими от одной из пространственных переменных $x_1$ или $x_2$, например, от переменной $x_2$ [1, 4]. Система (1) для таких движений с учетом (3) примет вид

$$\begin{cases} \dfrac{\partial V_1}{\partial t} - \alpha V_2 + \dfrac{1}{\rho_0(x_3)}\dfrac{\partial}{\partial x_1}p = 0, \\ \dfrac{\partial V_2}{\partial t} + \alpha V_1 = 0, \\ \dfrac{\partial^2 V_3}{\partial t^2} + \omega_0^2 V_3 + \dfrac{1}{\rho_0(x_3)}\dfrac{\partial}{\partial t}\dfrac{\partial}{\partial x_3}p = 0, \\ \dfrac{\partial V_1}{\partial x_1} + \dfrac{\partial V_3}{\partial x_3} = 0. \end{cases} \qquad (4)$$

Здесь мы уже исключили функцию $\rho_1$.

Из физических и геометрических соображений ясно, что нетривиальные двумерные движения могут происходить лишь в областях типа цилиндров, то есть в областях вида $\{(x_1,x_2,x_3)\in\Omega\times\mathbb{R}:\ (x_1,x_3)\in\Omega,\ x_2\in\mathbb{R}\}$. Здесь $(x_1,x_2,x_3)$ – вращающаяся система координат.

С помощью замены $\sigma = p\rho_0^{-1}(x_3) = A^{-1}p\,e^{2\beta x_3}$ приходим к системе уравнений

$$\begin{cases} \dfrac{\partial V_1}{\partial t} - \alpha V_2 + \dfrac{\partial \sigma}{\partial x_1} = 0; \\ \dfrac{\partial V_2}{\partial t} + \alpha V_1 = 0; \\ \dfrac{\partial^2 V_3}{\partial t^2} + \omega_0^2 V_3 + \dfrac{\partial}{\partial t}\left(\dfrac{\partial \sigma}{\partial x_3} - 2\beta\sigma\right) = 0; \\ \dfrac{\partial V_1}{\partial x_1} + \dfrac{\partial V_3}{\partial x_3} = 0. \end{cases} \tag{5}$$

Система (4) дополняется следующими начальными и граничными условиями:

$$V_k(x,0) = 0,\ k = 1,2,3,\ \frac{\partial V_3}{\partial t}(x,0) = 0,\ \sigma(x,0) = 0,\ V_3(x_1,x_3,t)\big|_{x_3=0} = -\frac{\partial \psi}{\partial x_1}(x_1,t). \tag{6}$$

*Замечание 1.* Граничное условие обусловлено существованием функции тока $\Psi = \Psi(x_1,x_3,t)$ (см., например, [1]), которую можно связать с компонентами вектора скорости частиц следующим соотношением: $\{V_1,V_3\} = \left\{\dfrac{\partial \Psi}{\partial x_3}, -\dfrac{\partial \Psi}{\partial x_1}\right\}$.

Предполагается, что функция $\psi(x_1, t)$ удовлетворяет следующим условиям:

*Условие 1.* При некотором $\delta > 0$ равномерно по $x_1\in\mathbb{R}$ справедлива оценка $|\psi(x_1,t)| \le c\exp(-\delta t),\ t\to+\infty$.

*Условие 2.* В $L_1(\mathbb{R}\times(0;\infty))$ существуют следующие производные функции $\psi(x_1, t)$: $\chi_n(x_1,t) = \left(1 - \dfrac{\partial^2}{\partial x_1^2}\right)^n \psi(x_1,t),\ n = 2,3,4$.

*Условие 3.* Имеет место оценка $\int\limits_{-\infty}^{+\infty} (1+|x_1|)\,|\psi_1(x_1,t)|\,dx < \infty$.

*Условие 4.* Функция $\psi(x_1,t)$ финитна: $\psi(x_1,t) = 0$ при $t > N$.

В работах [5, 6] доказано существование решения задачи (5)–(6) в пространствах интегрируемых функций С.Л. Соболева и выписано два члена асимптотических разложений компонент решения задачи при $t\to\infty$.

*Явные представления для главных членов асимптотик компонент вектора скорости*

В данной статье проводится исследование зависимости главных членов асимптотик компонент вектора скорости $\mathbf{V} = (V_1,V_2,V_3)$ от времени *t* при разных значениях физических параметров, входящих в систему (5). Непосредственно из работ [5, 6] следует справедливость теоремы о представлениях главных членов асимптотик компонент вектора скорости задачи (5)–(6):

*Теорема 1.* Пусть выполнены условия 1, 2, 3, 4. Тогда при $t\to+\infty$ главные члены асимптотик компонент вектора скорости решения задачи (5)–(6) с точностью до постоянного множителя определяются следующими соотношениями:

$$V_1^{main}(x_3,t) = \frac{\alpha^{0.5}\exp(\beta x_3)}{\pi^{1.5}\left(\omega_0^2-\alpha^2\right)^{0.5}}\left(\frac{2^{0.5}}{x_3} - \frac{\beta}{2^{0.5}}\right)\sin\left(\frac{\pi}{4} + t\alpha\right)t^{-3/2};$$

$$V_2^{main}(x,t) = \alpha\beta\exp(\beta x_3)F^{-1}_{s_1\to x_1}\left[\widehat{\psi}(s_1,0)\exp\left(-x_3\sqrt{s_1^2+\beta^2}\right)\right] -$$

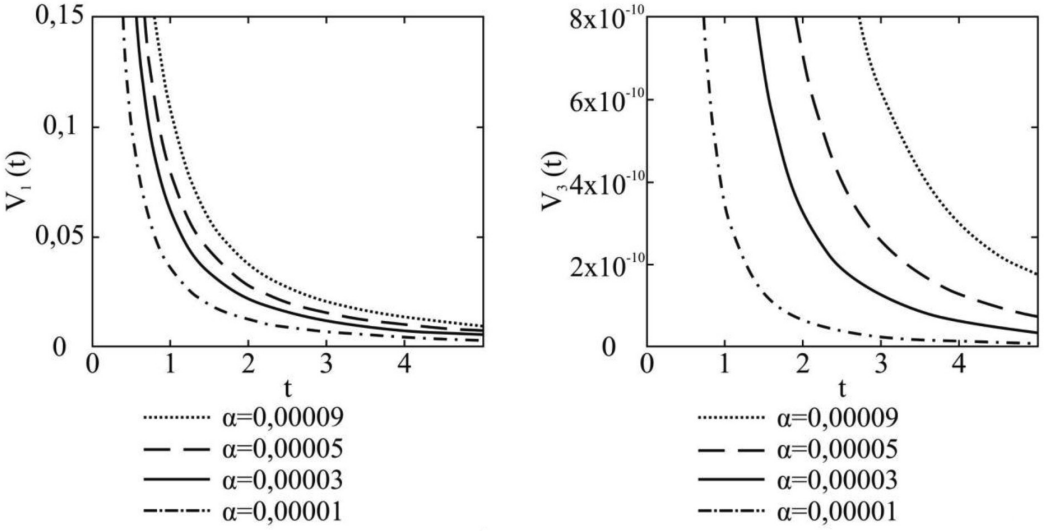
$$-\alpha\exp(\beta x_3)\frac{\partial}{\partial x_3}F^{-1}_{s_1\to x_1}\left[\widehat{\psi}(s_1,0)\exp\left(-x_3\sqrt{s_1^2+\beta^2}\right)\right] +$$

$$+\frac{\alpha^{0.5}2^{0.5}\exp(\beta x_3)}{\pi^{1.5}\left(\omega_0^2-\alpha^2\right)^{0.5}}\left(\beta - \frac{1}{x_3}\right)\sin\left(t\alpha - \frac{\pi}{4}\right)t^{-3/2};$$

$$V_3^{main}(x_3,t)=\frac{3\beta^2\exp(\beta x_3)\alpha^{1.5}\sin\left(\frac{\pi}{4}-t\alpha\right)}{\sqrt{2}\pi^{1.5}x_3^2\left(\omega_0^2-\alpha^2\right)^{1.5}}t^{-5/2},$$

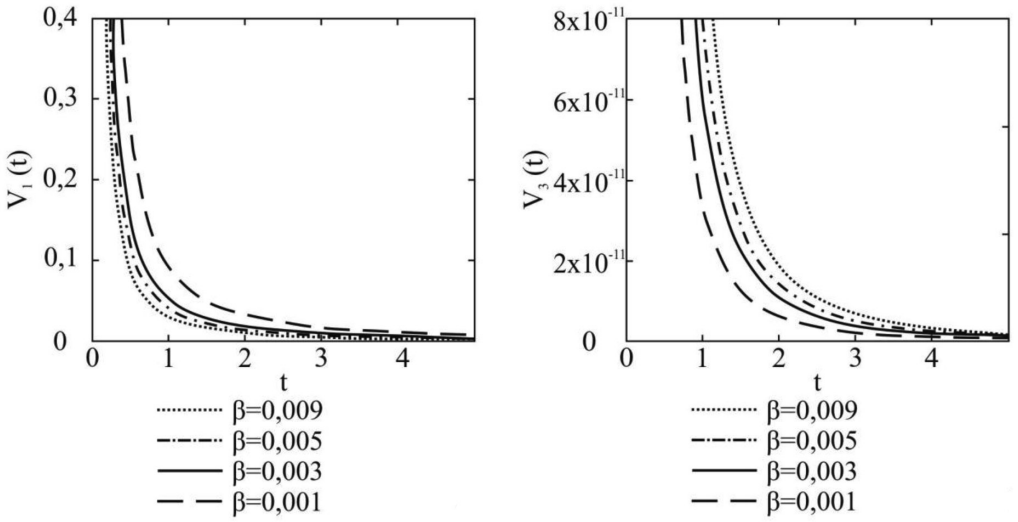
где $\widehat{\psi}(s_1,0)=F_{x_1\to s_1}\left[\psi(x_1,0)\right]$ – частичное преобразование Фурье по переменной $x_1$; $F^{-1}_{s_1\to x_1}$ – обратное частичное преобразование Фурье.

Заметим, что компонента $V_2^{main}(x,t)$ имеет стационарный, не зависящий от времени главный член асимптотики, поэтому для нее приведены два члена асимптотического разложения.



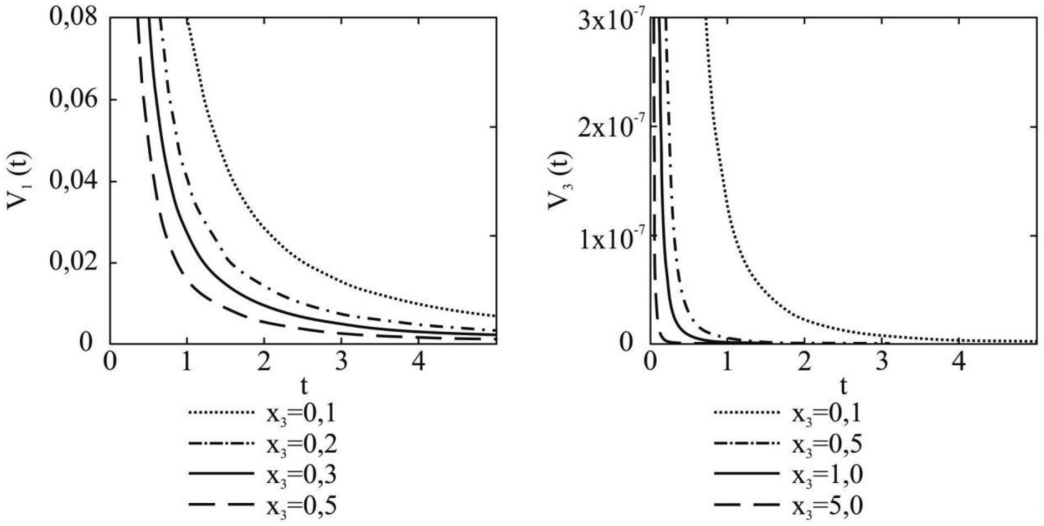

*а)* *б)*

*Рис. 1. Зависимости главных членов асимптотик (а) компоненты $V_1$, (б) компоненты $V_3$ от времени при различных значениях частоты вращения жидкости α при фиксированных значениях параметра стратификации β и переменной $x_3$*




*а)* *б)*

*Рис. 2. Зависимости главных членов асимптотик (а) компоненты $V_1$, (б) компоненты $V_3$ от времени при различных значениях параметра стратификации β при фиксированных значениях частоты вращения жидкости α и переменной $x_3$*




*а)* *б)*

*Рис. 3. Зависимости главных членов асимптотик (а) компоненты $V_1$, (б) компоненты $V_3$ от времени при различных значениях переменной $x_3$ при фиксированных значениях частоты вращения жидкости α и параметра стратификации β*

*Анализ влияния различных физических параметров на асимптотики компонент вектора скорости*

На рис. 1–3 представлены зависимости главных членов асимптотик компонент $V_1$, $V_3$ вектора скорости от времени при различных значениях физических параметров.

**Выводы**

Проведенный анализ позволяет сделать следующие выводы:

1) в рамках рассмотренной модели во всех случаях наблюдается естественное затухание колебаний жидкости с течением времени;

2) увеличение параметра частоты вращения жидкости α приводит к росту значений $V_1(t)$, $V_3(t)$ при фиксированном времени;

3) увеличение параметра стратификации β приводит к уменьшению значения $V_1(t)$ и к увеличению значения $V_3(t)$ при фиксированном времени;

4) увеличение параметра $x_3$ приводит к уменьшению значений $V_1(t)$, $V_3(t)$ при фиксированном времени.

**Список литературы**

1. Габов С.А. Линейные задачи теории нестационарных внутренних волн / С.А. Габов, А.Г. Свешников. – М.: Наука. Гл. ред. физ.-мат. лит., 1990. – 344 с.

2. Ильюшин А.А. Механика сплошной среды / А.А. Ильюшин. – М.: Ленанд, 2014. – 320 с.

3. Pedlosky J. Waves in the ocean and atmosphere: introduction to wave dynamics / J. Pedlosky. – Berlin–Heidelberg: Springer, 2010. – 260 p.

4. Перова Л.В. О колебаниях в стратифицированной и вращающейся жидкости, возбуждаемой плоской, бегущей по дну волной / Л.В. Перова, Ю.Д. Плетнер, А.Г. Свешников // Журнал вычислительной математики и математической физики. – 2000. – № 1. – С. 136–143.

5. Свиридова Е.Н. Асимптотика при t → ∞ компонент решения задачи о малых колебаниях вращающейся стратифицированной жидкости в полупространстве. Часть 1 / Е.Н. Свиридова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – 2009. – №1. – С. 150–158.

6. Свиридова Е.Н. Асимптотика при t → ∞ компонент решения задачи о малых колебаниях вращающейся стратифицированной жидкости в полупространстве. Часть 2 / Е.Н. Свиридова // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Физика. Математика. – 2009. – № 2. – С. 101–111.

УДК 004.65:630

# ИНФОРМАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ ЛЕСОВОЗНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ ПОТОКОВ

**[1]Скрыпников А.В., [2]Козлов В.Г., [1]Чернышова Е.В., [1]Микова Е.Ю., [1]Ломакин Д.В.**

*[1]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет инженерных технологий», Воронеж, e-mail: elenabok@mail.ru;*

*[2]ФГБОУ ВО «Воронежский государственный аграрный университет имени императора Петра I», Воронеж*

Дорожное движение, являясь объектом управления, в статье рассматривается как функционирование большого количества автомобилей в общем транспортном потоке. Дорожное движение рассматривается также как результат взаимодействия системы «дорожные условия – транспортные потоки», а следовательно, системы управления дорожным движением должны рассматриваться как составная часть системы управления всем процессом функционирования комплекса «водитель – автомобиль – дорога – среда». Наиболее частой причиной изменения условий движения являются метеорологические условия и интенсивность движения. Следовательно, необходимость оперативного управления дорожным движением является неизбежной, причем управление должно быть тем более широким и гибким, тем выше интенсивность движения и больше размах колебаний метеорологических условий. В основе управления дорожным движением лежит управление параметрами транспортного потока и режима движения, геометрическими параметрами, транспортно-эксплуатационными характеристиками дорог и их состоянием, то есть постоянными и временными (сезонными) параметрами и характеристиками, которые определяют фактические режимы движения. Для рассмотрения процесса управления системой дорожные условия – транспортные потоки необходимо разработать ее рабочую модель, которая в теории будет проводить анализ движения потока транспорта, в условиях окружающей среды настоящего времени. Таким образом, рабочая модель сможет учитывать характер изменений дорожных параметров, транспортного потока, метеорологических условий, а также управляющих воздействий. Управление в системе дорожные условия – транспортные потоки можно считать «операцией» в том смысле, в котором это понятие трактуется в математической теории исследования операции.

**Ключевые слова: информационная модель, комплекс «водитель – автомобиль – дорога – среда», транспортные потоки, дорожные условия, лесовозные дороги**

# INFORMATION MODEL OF MANAGEMENT OF THE SYSTEM OF FORESTRY TRANSPORT FLOWS

**[1]Skrypnikov A.V., [2]Kozlov V.G., [1]Chernyshova E.V., [1]Mikova E.Yu., [1]Lomakin D.V.**

*[1]Voronezh State University of Engineering Technologies, Voronezh, e-mail: elenabok@mail.ru;*

*[2]Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, Voronezh*

Traffic, being the object of control, is considered in this article as the functioning of a large number of cars in the general transport stream. Road traffic is also seen as the result of the interaction of the system «road conditions – traffic flows», and consequently, traffic control systems should be considered as an integral part of the system for managing the whole process of the «driver-car-road-environment» complex. The most frequent reason for changing the conditions of motion are the meteorological conditions and the intensity of the movement. Consequently, the need for operational management of road traffic is inevitable, and the control must be all the more broad and flexible, the higher the intensity of movement and the greater the range of fluctuations in meteorological conditions. At the heart of traffic management is the management of the parameters of the traffic flow and traffic conditions, geo-metric parameters, transport-operational characteristics of roads and their condition, i.e. constant and temporary (seasonal) parameters and characteristics that determine the actual modes of motion. To consider the process of managing the system road conditions – traffic flows, it is necessary to develop its working model, which in theory will analyze the flow of traffic, in the environment of the present environment. Thus, the working model can take into account the nature of changes in road parameters, traffic flow, meteorological conditions, and control actions. Management in the system of road conditions – traffic flows can be considered an «operation» in the sense in which this concept is treated in the mathematical theory of research operation.

**Keywords: information model, «driver – car – road – environment» complex, traffic flows, road conditions, logging roads**

Особенность данного исследования как теоретико-операционного определяется характером предложенной модели исследуемой операции [1] – модели движения транспортного потока по дороге, находящегося под воздействием окружающей среды и средств управления, причем окружающая среда оказывает влияние на дорожные условия и на характер взаимодействия транспортного потока и дорожных условий (режим движения) (рис. 1). Главным достоинством предложенной модели является то, что существует возможность описать функционирование системы «дорожные условия – транспортные потоки» с помощью основной диаграммы транспортного потока. Указанная диаграмма связывает в единое целое параметры дороги и метеорологические условия, средства управления и режимы движения транспортного потока, то есть входные и выходные параметры комплекса ВАДС.

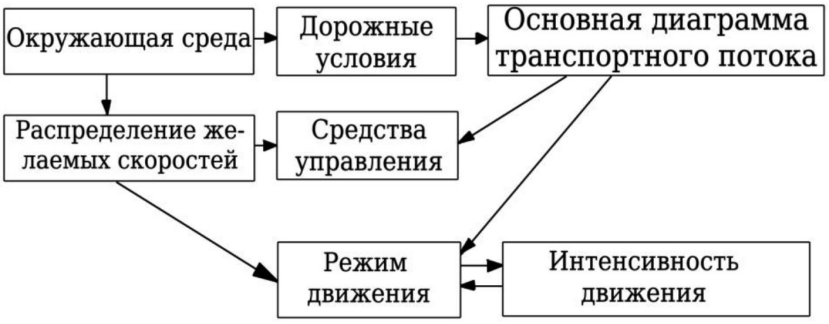



*Рис. 1. Схема внутренних связей в системе дорожные условия – транспортные потоки*

Основная диаграмма транспортного потока подразумевается как множество возможных при данных дорожных и метеорологических условиях состояний транспортного потока, то есть троек параметров: λ – интенсивность, ρ – плотность и $V$ – скорость потока.

Состав движения определяет распределение необходимых скоростей движения автомобилей составом движения, эксплуатационными характеристиками автомобилей и психофизиологическим состоянием водителей. Причем необходимая скорость движения транспортного потока в данном случае не зависит от характеристик определенного участка дороги, желаемая скорость определяет технические возможности автомобиля и намерения водителя.

Желаемая скорость движения и указания, которые были выданы определенными средствами управления, влияют на формирование одного из доступных в режимах указанной диаграммы режимов движения на определенной протяженности дороги. Порядок и организация движения определяется режимом движения и насыщенностью потока на определенном участке и функцией разграничения вынужденных скоростей. На порядок и организацию движения влияет интенсивность входящего на определенный участок потока, что формирует режим и насыщенность потока на определенном участке и, соответственно, определяет плотность потока на выходе из участка.

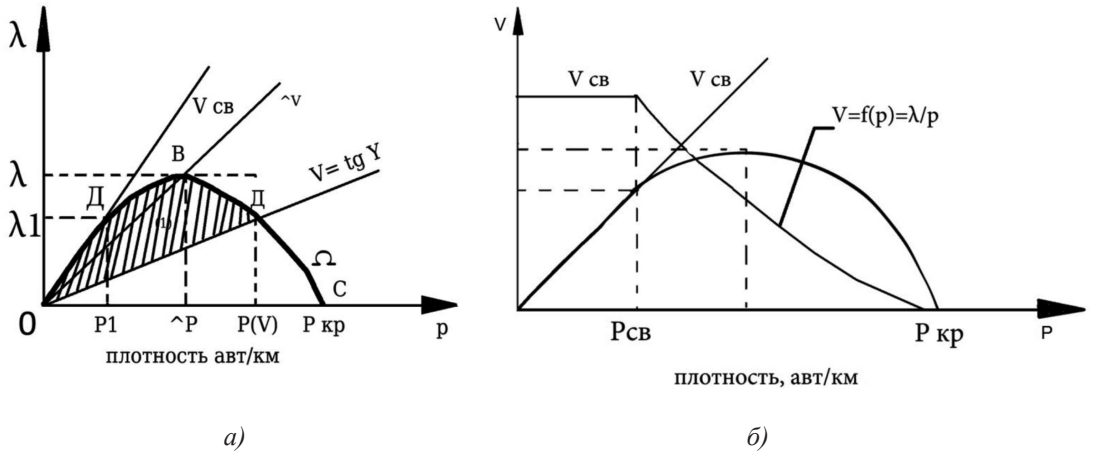
Средства управления – это управление знаками и сигналы, многопозиционные указатели скоростей, устройства регулирования въездов – одним словом, вся совокупность средств, которой будет располагать управляющий орган. В широком плане к ним относятся все управляющие воздействия, которые могут быть приняты при проектировании и эксплуатации дорог. На существующих дорогах и средствах управления относятся возможности дорожно-эксплуатационных организаций по изменению переменных параметров и состояния дорог.

Целесообразно воспользоваться основной диаграммой транспортного потока при вычислении пределов варьирования режимов движения транспортных потоков при определенных варьированиях характеристик дорог и метеорологических условий и, соответственно, для определения оптимальных управляющих возможностей. Рассматривая основную диаграмму транспортного потока на рис. 2, а, как множество сочетаний параметров {λ, ρ, $V$}, можно отметить, что граница области допустимых состояний может быть задана функцией λ = λ(ρ). Тогда сама эта область будет обозначаться int Ω. Касательная к кривой Ω в нуле задает скорость свободного движения в тех условиях, для которых построена диаграмма.

Значение ρ не равно 0, для которого λ(ρ) = 0 (точка С) представляет собой критическую плотность потока. Проекция точки пересечения Ω в прямой $V$ = const (точка Д) на ось абсцисс представляет максимальную плотность потока ρ ($V$), для которой данная скорость хотя бы теоретически может быть достигнута.

$$V_{\text{св}} = \lim_{\rho \to 0} \frac{\lambda(\rho)}{\rho} = \lambda'(0).$$

Горизонтальную касательную к кривой Ω в точке В обычно трактуют как линию уровня теоретической пропускной способности. Это истолкование правильно лишь в том случае, когда функция распределения желаемых и фактических скоростей сосредоточена в интервале $v > V^{\wedge}$. Если желаемые или фактические скорости сосредоточены ниже $V^{\wedge}$, например перевозка хрупких или негабаритных грузов, ограничение скорости из-за неровности покрытия и другое, пропускная способность не может быть достигнута даже теоретически.




*а)* *б)*

*Рис. 2. а) основная динамика транспортного потока; б) связи динамики транспортного потока с производной диаграммой (1 – опасная зона при $V_{доп} = V = tg\ \varphi$)*

Обычно диаграмма транспортного потока изображается как огибающая точек плотности и интенсивности при средних скоростях транспортного потока. Однако фактические скорости даже при эталонных состоянии дороги и метеорологических условиях колеблются в широких пределах, но чем больше плотность, тем меньше размах колебаний.

Это свойство объясняет еще одну особенность движения транспортного потока: при наличии какого-либо ограничения по скорости или плотности возможность движения со скоростями или плотностями выше (или ниже) установленных пределов не исключается. Например, как скорость ограничена до $V = tg^{\varphi}$ (рис 2, б), то отдельные автомобили могут двигаться с большой скоростью, хотя и допускается риск. В этом случае на основной диаграмме может быть определена основная зона или зона возможных превышений установленных ограничений.

Кроме основной может быть построена производная диаграмма транспортного потока, которая представляет собой график скорости при данной плотности ρ (рис. 2), если основная диаграмма задана функцией $\lambda = \lambda(\rho)$, то производная диаграмма – функцией $V(\rho) = \lambda(\rho)/\rho$.

Таким образом, производная диаграмма $V = \rho$ выражает характер изменения скорости при изменении плотности в данных условиях движения. Интересно отметить, что при плотности транспортного потока меньшей плотности связанного движения средняя скорость не зависит от плотности, поэтому важным вопросом является определение интервала, при котором начинает заметно ощущаться взаимное влияние автомобилей. По различным данным [2–4] величина указанного интервала колеблется от 5 до 10 сек. На основании выполненных исследований и обобщения имеющихся данных установлена зависимость снижения средних скоростей движения при уменьшении интервалов между автомобилями, а также характерные особенности движения транспортного потока. В эталонных условиях свободное движение автомобилей наблюдается при интервалах более 9–10 сек, то есть при интенсивности движения менее 360 авт/ч. Это означает, что при эталонных условиях свободное движение однородного транспортного потока на двухполосных дорогах с учетом неравномерного по часам суток и времени года. Коэффициент неравномерности (1,3–1,8) может быть обеспечен при интенсивности движения не более 4000–6000 авт/сутки.

В реальных условиях на двухполосных дорогах наблюдается большое количество обгонов с выездом на полосу встречного движения, которые оказывают большое влияние на порядок и интенсивность транспортного потока. Установлено [5], что обгон мало влияет на режим движения встречного потока при наличии интервалов между автомобилями более 17–20 сек., то есть при интенсивности движения по дороге не более 2000 авт/сутки. При более высокой интенсивности скорость движения транспортного потока заметно снижается. Для ее определения предложен целый ряд формул [6, 7].

Однако в этих формулах не учитывается влияние метеорологических условий на состояние дороги.

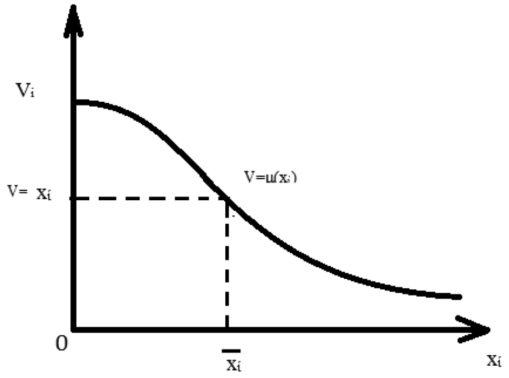



*Рис. 3. Деформация основной диаграммы транспортного потока (скорость свободного движения $V = \mu(x_i)$)*

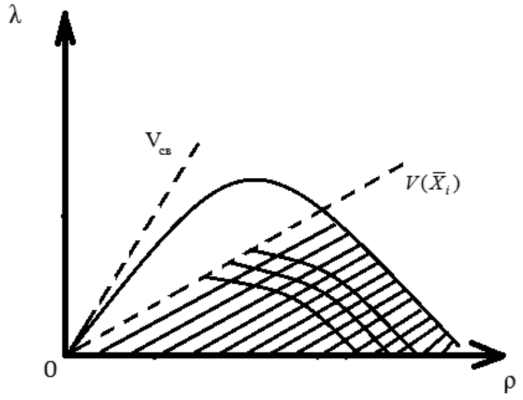



*Рис. 4. Деформация основной диаграммы транспортного потока (влияние фактора, ограничивающего скорость свободного движения)*

Дорожные условия воздействуют не только на скорость свободного движения: такие факторы, как сужение проезжей части, ухудшение сцепления и другие, изменяют все множество возможных состояний транспортного потока, то есть изменяют форму основной диаграммы транспортного потока.

Это подтверждается экспериментальными исследованиями, выполненными в различных дорожных условиях [5, 8]. Изменение диаграммы Ω зависит от времени воздействия вектора $x = x(t)$, то есть изменения Ω во времени можно описать дифференциальным уравнением

Конкретный вид функции F может быть определен только на основе тщательного анализа экспериментально полученных диаграмм транспортного потока в различных условиях.

$$\frac{d\Omega}{dt} = F(\Omega, x).$$

Однако можно отметить частные зависимости Ω от X, которые имеют существенное практическое значение.

Пусть известна экспериментальная зависимость скорости свободного движения от одного из факторов $x_i$ с немедленным воздействием $V = \mu(x_i)$ [9]. Если диаграмма Ω при данном значении X задана уравнением $\lambda = \lambda(x_i \rho)$, то $\frac{d\lambda}{dp} = \mu(x_i)$ (рис. 3).

При $X_i = \bar{X}_i$ находится соответствующая максимально допустимая скорость $V(\bar{X}_i)$, то есть диаграмма Ω при условии $X_i$ должна лежать в заштрихованной области (рис. 4).

Пусть теперь известна экспериментальная зависимость критической плотности $\rho_{кр}$ от параметра $x_j$ (например, от скользкости покрытия) $\rho_{кр} = \mu_i(x_j)$. Тогда диаграмма транспортного потока для данных условий $\bar{x}_j$ должна отличаться от диаграммы построенной для эталонных условий смещением точки критической плотности $\rho_{кр}(\bar{x}_j)$ то есть должна лежать в заштрихованной области (рис. 5).

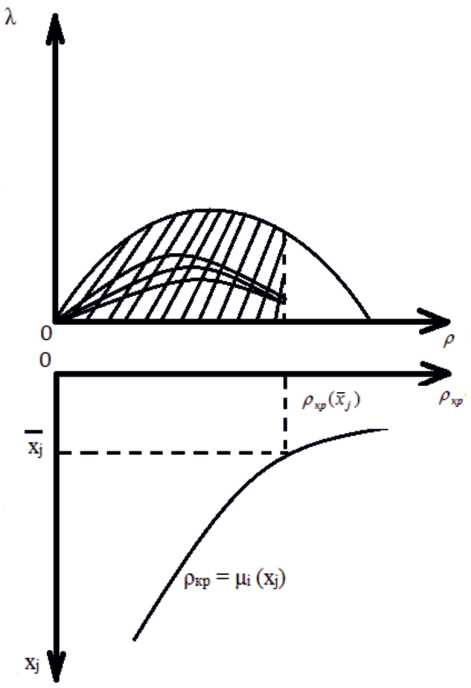



*Рис. 5. Деформация основной диаграммы транспортного потока (влияние фактора, ограничивающего допустимую плотность)*

Самым сложным будет случай, когда совместное действие двух или более факторов (параметров дороги или метеорологических элементов $x_i$, $x_j$) приведет к снижению скорости движения и увеличению интервалов [10].

В этом случае критическая плотность уменьшается в соответствии с графиком $\rho = \mu,(x_j)$, а скорость свободного движения – в соответствии с зависимостью $V = \mu(x_i)$. В этих условиях множество допустимых сочетаний троек параметров λ, $V$, ρ должно лежать в площади, ограниченной сверху и справа (рис. 6).

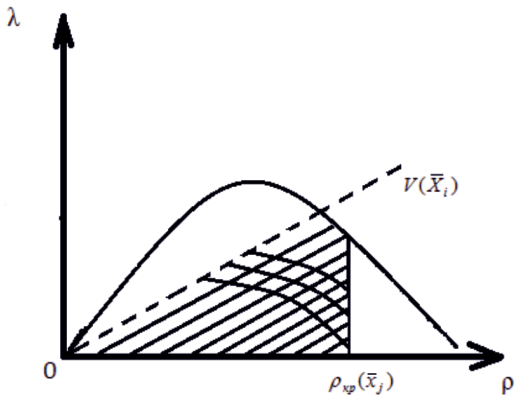



*Рис. 6. Деформация основной диаграммы транспортного потока (совместное влияние двух факторов)*

Таким образом, при изменении состояния дорог и метеорологических условий изменяется форма и параметры основной диаграммы транспортного потока, и в том числе наиболее важные показатели – плотность, пропускная способность, скорость движения. Это означает, что установленные для эталонных условий оптимальные значения основных параметров не являются оптимальными для условий движения в неблагоприятные периоды года. Следовательно, каждому состоянию дорог и метеорологических условий соответствуют свои оптимальные значения основных параметров в рамках основной диаграммы транспортного потока, то есть в каждом случае происходит деформация основной диаграммы транспортного потока, вследствие чего количество допустимых сочетаний параметров функционирования системы ДУ–ТП (троек λ, ρ, v) существенно сокращается. При этом может быть выражено два основных вида деформации основной диаграммы транспортного потока.

1 вид – деформация происходит вследствие ограничения каким-либо фактором допустимой или фактической скорости движения при отсутствии ограничений по плотности. Эту функцию можно направить деформацией по скорости. При этом площадь основной диаграммы транспортного потока, построенной для эталонных условий на данном участке дороги, сокращается слева сверху. В зависимости от величины снижения скорости может измениться или не измениться величина пропускной способности.

2 вид – деформация по скорости и плотности. В этом случае при деформации одного или более факторов происходит одновременно при фактической скорости движения и увеличения расстояния между автомобилями. Площадь основной диаграммы ограничивается слева, сверху и справа. Этот вид деформации получил наибольшее распространение и наиболее вероятен при снижении сцепления, во время дождя, снегопада, метели и других метеоявлений, а также при их сочетании.

## Заключение

Таким образом, на одном и том же участке лесовозной автомобильной дороги может наблюдаться множество различных состояний основной диаграммы транспортного потока и множество значений исходных параметров системы ВАДС.

Как видно из анализа основной диаграммы транспортного потока, пропускная способность лесовозных автомобильных дорог лимитируется двумя ограничениями: плотностью (ограничение 2-го вида) и допустимая скорость движения (ограничение 1-го вида). Отсюда вытекает необходимость исследований этих параметров и прежде всего допустимой скорости и плотности транспортного потока при различных состояниях дорог и метеорологических условиях для управления системой ВАДС. Это дает возможность в зависимости от стратегических задач выбирать те или иные воздействия.

## Список литературы

1. Алгоритм решения задачи оптимального трассирования лесовозной автомобильной дороги на неоднородной местности / Е.В. Чернышова // Вестник Воронежского государственного университета инженерных технологий. – 2017. – Т. 79, № 2 (72). – С. 113–120.

2. Скрыпников А.В. Теоретические основы и методы организации и управления дорожным движением // Бюллетень транспортной информации. – 2010. – № 1. – С. 14–18.

3. Информационные технологии в расследовании и экспертизе ДТП / А.Н. Попов, М.Л. Лапшина, С.В. Дорохин // Достижения и проблемы современной науки. – 2017. – С. 67–71.

4. Скрыпников А.В. Разработка теоретических основ и методов управления лесовозным автотранспортом // Бюллетень транспортной информации. – 2009. – № 9. – С. 23–24.

5. Повышение ремонтной технологичности манипуляторов сельскохозяйственного назначения / Д.Н. Афоничев, В.В. Василенко, Е.В. Кондрашова // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2014. – № 3 (42). – С. 109–112.

6. Mathematical Model of Statistical Identification of Car Transport Informational Provision / A.V. Skrypnikov, S.V. Dorokhin, V.G. Kozlov and E.V. Chernyshova // Journal of Engineering and Applied Sciences. – January 2017. – Vol. 12, No. 2. – P. 511–515.

7. Системное моделирование ресурсных задач. Выбор и распределение ресурсов / Ю.С. Сербулов, А.В. Лемешкин // Saarbrucken. – 2017. – С. 249.

8. Восстановление шатунов из алюминиевых сплавов двигателей малогабаритной с.-х. техники / В.Н. Логачев // Труды ГОСНИТИ. – 2016. – Т. 123. – С. 207–211.

9. Лесная транспортная инфраструктура как элемент развития транспортной инфраструктуры региона / Э.О. Салминен // Леса России: политика, промышленность, наука, образование: материалы Второй международной научно-технической конференции. – СПб., 2017. – С. 79–81.

10. Topological method of research of nonlinear properties of ferroelectrics / B.M. Darinskiy, D.S. Sajko // Ferroelectrics. – 2010. – Т. 397. № 1. – С. 22–31.

УДК 004.272.3

# СИНТЕЗ ЭЛЕМЕНТОВ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ В НЕЙРОСЕТЕВОМ БАЗИСЕ

**Смирнов А.А., Бондарь В.В., Белоконь Л.В., Саиег Т.Х., Мирзоян М.В., Смирнова О.Н.**
*ФГАОУ ВО «Северо-Кавказский федеральный университет», Ставрополь, e-mail: shursun@mail.ru*

Современные вычислительные системы развиваются в направлении внедрения параллельных технологий, что позволяет в разы повышать их производительность. Одним из элементов вычислительных систем являются устройства обнаружения и распознавания образов или сигналов. Для параллельных вычислительных систем элементной базой зачастую выбирают нейронные сети, которые способны к самообучению и обладают параллелизмом. Данная особенность нейронной сети позволяет учитывать искажение образов при их распознавании. Это повышает характеристики и показатели качества конечного устройства. Очевидно, что наиболее быстродействующими вычислительными системами будут те, что разработаны на базе нейронных сетей. В статье рассмотрена методика синтеза оптимального устройства распознавания образов на базе интеграции теории различения образов и методик построения нейронных сетей. Предложена нейронная сеть устройства распознавания образов. Кроме того, нейронные сети обладают естественной избыточностью. Это повышает их надежность за счет способности деградации структуры. На основе данной методики можно рассмотреть синтез других элементов вычислительных систем. Дальнейшее развитие данного направления возможно на основе использования в качестве математического аппарата – параллельной математики, такой как система остаточных классов.

**Ключевые слова: элементы вычислительных систем, нейронные сети, распознавание образов, решающие схемы, самообучающиеся системы, оптимальный приемник**

# THE SYNTHESIS OF THE COMPUTING SYSTEMS ELEMENTS IN NEURAL NETWORK BASIS

**Smirnov A.A., Bondar V.V., Belokon L.V., Saieg T.Kh., Mirzoyan M.V., Smirnova O.N.**
*Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education North-Caucasian Federal University, Stavropol, e-mail: shursun@mail.ru*

Modern computing systems are developing in the direction of the introduction of parallel technologies, which allows increasing their performance at times. One of the elements of the computing systems are devices for detecting and recognizing images or signals. For parallel computing systems, neural networks that are capable of self-learning and have parallelism often choose the element base. This feature of the neural network allows taking into account the distortion of images in their recognition. This improves the performance and quality of the end device. It is obvious that the fastest-acting computational systems will be those developed based on neural networks. The article considers the method of synthesis of optimal pattern recognition device based on the integration of the theory of image distribution and methods of neural networks construction. The neural network of the image acquisition device is proposed. In addition, neural networks have a natural redundancy. This will increase their reliability due to the ability to degrade the structure. Based on this technique it is possible to consider the synthesis of other elements of computer systems. Further development of this direction is possible based on the use of parallel mathematics as a mathematical apparatus, such as a system of residual classes.

**Keywords: elements of computer systems, neural networks, pattern recognition, decision schemes, self-learning systems, optimal receiver**

Одной из задач вычислительных систем, как совокупности аппаратно-программных средств, образующих единую среду, предназначенную для решения задач обработки информации, является обнаружение, различение или распознавание образов [1, 2]. Актуальным вопросом является синтез оптимальных устройств распознавания образов или сигналов. Такие устройства должны обладать максимальной производительностью, что может быть обеспечено только на основе параллельной технической базы, такой как нейронные сети (НС). Одним из основных достоинств НС является возможность их к самообучению [3, 4]. Самообучение сводится к адаптации весовых коэффициентов $w_{ij}$ сети или обратных синоптических $i$-х связей $j$-го нейронного слоя. То есть НС способна к адаптации к реальным условиям. В реальных условиях важное значение имеет среда, которая вносит аддитивные и мультипликативные помехи, искажая образ объекта. В таких условиях задача распознавания или обнаружения образов в вычислительных системах становится особенно актуальной. Существующие [5, 6] реальные линии связи (ЛС) существенно отличаются от моделей, построенных как численными методами, так и другими дифференциальными математическими моделями ввиду недетерминированности помех. Задача моделирования оптимального распознавателя становится практически неформализуемой. Для устранения влияния внешней среды используют различные методы помехоустойчивого кодирования [1, 2]. Введение кодеков

приводит к необходимости применять сдвоенную схему обнаружения образов. В такой схеме на первом уровне производится обнаружение и оптимальная обработка данных на физическом уровне амплитуд. На втором уровне происходит декодирование информации и возможное исправление возникших после первой схемы ошибок. Максимальная корректирующая способность обусловлена тем или иным способом кодирования [1, 2, 6]. Кроме того, в оптимальных распознавателях образов необходимо учитывать наличие большого числа исходных образов, что усложняет сдвоенную схему многократно. Формализовать такую схему становится практически невозможно. Именно на решение подобных задач направлены НС, способные к адаптации к реальным условиям и решению практически не формализуемых задач на так называемом «интуитивном уровне».

Цель исследования: чтобы воспользоваться всеми преимуществами НС, необходимо устранить недостаток двойной схемы обработки – это отсутствие взаимосвязей между указанными схемами обработки. Первая схема использует свой критерий распознавания без учета тонких возможностей второй. Некоторые помехоустойчивые коды более устойчивы к пакетам ошибок, а другие – к периодическим или повторяющимся ошибкам. При этом в первой схеме не учитывается возможность изменения ее параметров, порога принятия решения. Вторая схема никак не может использовать дополнительную информацию, утраченную на уровне первой схемы, то есть учесть или распознать наличие постоянной помеховой составляющей, обусловленное влиянием других электромагнитных помех. Очевидным преимуществом использования НС при реализации оптимальных схем распознавания является возможность осуществлять прием информации в целом за счет объединения и интеграции обоих уровней в один на основе НС. Таким образом, цель исследования – устранить недостаток сдвоенной схемы обработки за счет интеграции НС в вычислительные элементы. Кроме того, расширим подход синтеза [7] на случай произвольного числа $k$ образов.

## Материалы и методы исследования

В качестве базовых моделей выбраны существующие структуры вычислительных систем. Важно, в качестве образа или сигнала используется произвольная последовательность двоичных импульсов, произвольной длительности, используемая в качестве образа. При этом распределение аддитивной помехи считается нормальным с гауссовским распределением амплитуд. В работе использованы методы математического моделирования оконечных вычислительных структур в нейросетевом базисе на основе интеграции математического аппарата нейронных сетей в алгоритмические модели систем распознавания образов. Для решения задачи рассмотрим классическую схему различения образов или сигналов и распространим ее на $k$ образов. Синтез первой решающей схемы распознавания основан на схематической реализации аналитического отношения правдоподобия [2, 7] $W(x(t)/S_1)/W(x(t)/S_2) \gtrless P(S_1)/P(S_2)$, которую можно распространить на $k$ образов $S_i$ как попарное сравнение отношений условных плотностей распределения $W(x(t)/S_i)$ и соответствующих априорных вероятностей $P(S_i)$ образов

$$W(x(t)/S_i)/W(x(t)/S_k)\ \Big|_k^i \equiv P(S_i)/P(S_k), \quad (1)$$

где $x(t) = S_i(t) + \xi(t)$ – аддитивная смесь образа и шума $\xi(t)$, – плотность распределения вероятностей аддитивной смеси при условии передачи $S_i$ образа, – априорная вероятность передачи $S_i$ образа. Общее решение в пользу того или другого образа может быть определено на основе тождественного максимального соответствия (1). Для непрерывного сигнала длительностью $T$, спектральной плотностью мощности шума $N_0$ справедливо гауссовское распределение помехи и следовательно распределение аддитивной смеси

$$W(x(t)/S_i) = e^{-\frac{1}{N_0}\int_0^T (x(t)-S_i)^2 dt} / \sigma\sqrt{2\pi}. \quad (2)$$

Подстановка (2) в (1) позволяет сформулировать правило принятия решения при распознавании. Примем энергии образов равными, тогда

$$\max\left[\int_0^T x(t)S_i(t)dt - \int_0^T x(t)S_k(t)dt\right]_i^k \equiv \max\left\{N_0 \ln[P(S_i)/P(S_k)]/2\right\}_i^k. \quad (3)$$

Здесь операция max – означает процедуру выбора максимально соответствующего отношения, тождественно совпадающий с эталонным отношением. В выражении вычисляются попарные разности между ($i$, $k$) взаимокорреляционных функций приходящего образа $x(t)$ и копий оригиналов образов $S_k(t)$. Очевидно, что для дискретного образа данную задачу могут реализовать согласованные фильтры (СФ) [3, 7], вычисляющие корреляционную функцию. Очевидно, таких согласованных фильтров в отличие от [7] должно быть $k$ в обнаружителе. Соответственно и функций корреляций $R_{j,k}(\tau) = \sum_{i=1}^{m} h_{i,j,k} x_{i+\tau,j}$, где $x_i$ – элемент дискретного образа, $h_{i,j,k}$ – дискретная импульсная характеристика фильтра $S_k$-го образа. Тогда выражение (3) примет вид

$$\max\left[\sum_{i=1}^{m} h_{i,l,k} x_{i+\tau,j} - \sum_{i=1}^{m} h_{i,j,k} x_{i+\tau,j}\right]_i^k \equiv \max\left\{U_{i,k}\right\}_i^k, \quad (4)$$

где $U_{i,k} = N_0 \ln[P(S_i)/P(S_k)]/2$ – попарные отношения априорных вероятностей эталонных образов $S_i$, $m$ – число элементов в числе $k$ образов. Операция max – выделение максимально соответствующего тождественного равенства. Именно ему будет соот-

ветствовать образ. Анализ (4) показывает, что схема оптимального устройства распознавания представляет собой обученную НС, где на основе выбранной функции активации принимается решение, по выбору соответствующего распознанного образа

$$F(U)=\begin{cases} S_1, & U \equiv \max\{U_{1,i}\} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots & \\ S_k, & U \equiv \max\{U_{k,i}\} \end{cases}. \qquad (5)$$

Пороговая функция активации [3] не позволяет эффективно использовать все возможности НС, позволяя свести матрицы весовых коэффициентов нейронов в одну. Поэтому для вычисления обратных связей или весовых коэффициентов в качестве функции активации можно использовать функцию активации сигмоид $F(U)=1/\{1+\exp(-U)\}$. Очевидно, что реализация (4) может быть выполнена на основе самообучающейся нейронной сети. Выберем сеть прямого распространения с обучением по алгоритму Хэбба без учителя [2]. Такие фильтры имеют возможность динамически изменять весовые коэффициенты $w_{ij}$, выполняющие роль реальных импульсных характеристик $h_{i,k}$ с учетом реальной среды или помех. Для рассматриваемой НС и выбранного метода обучения используем итерационную формулу Хэбба обучения НС $w_{ij}(n+1)=w(n)+\alpha y_i y_j$, со скоростью обучения α. Тогда функция автокорреляции

$$R_{j,k}(\tau)=\sum_{i=1}^{n}\left(1/1+\exp[\sum_{l=1}^{n}x_{i,j,k}w_{l,j}]\right)x_{i+\tau,j,k}.$$

С учетом принципов и алгоритмов построения НС для построения оптимального устройства распознавания $k$ образов, реализующего (4), получим схему (рис. 1), отличающуюся от [7] наличием $k$ обучающихся согласованных фильтров СФ. Кроме того, имеет место замена выходного порогового нейрона на блок вычисления порогов и определения максимума отношений, реализующий выражение $\max\{U_{i,k}\}_i^k$.

Очевидно, что все согласованные фильтры могут быть интегрированы в одну самообучающуюся нейронную сеть. Кроме того, для заранее известных эталонов образов, блок вычисления порогов, так же может быть реализован нейронной сетью Хопфилда в виде ассоциативной памяти с заранее известными образами. Это позволяет реализовывать алгоритмы обучения нейронной сети с учителем, а также использовать НС с обратным распространением. Функции активации могут иметь различный вид. Обычно используется сигмоидальный вид [7–9]. Влияние функций активации на эффективность сети подлежит дальнейшему исследованию. Преимуществом рассмотренной НС в отличие от согласованных фильтров является возможность параллельно обрабатывать данные из параллельного КС. Параллельными данными могут быть образы, представленные в параллельной математике, такой как система остаточных классов (СОК) [4].

Проанализируем вторую решающую схему, которая осуществляет помехоустойчивое кодирование и декодирование. Рассмотрим на примере линейного кодирования. Тогда из образов $S_k$ составляется кодовая последовательность $A_l = a_1, a_2, \ldots$, где $l = 1\ldots M$, $M$ – число разрешенных кодограмм. В общем, для $a_{i,l}$ – информационных символов кодограммы $l$, $b_{i,l}$ – проверочных символов, уравнения декодирования можно записать в виде

$$\begin{cases} c_{\rho,1} = b_{n,1} \oplus \sum_{i=1}^{k} \oplus \gamma_{i,\rho} a_{i,1} \\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots \\ c_{\rho,l} = b_{n,l} \oplus \sum_{i=1}^{k} \oplus \gamma_{i,\rho} a_{i,l} \end{cases}, \qquad (6)$$

где $\gamma_{i,\rho}$ – определяется $\rho = 1\ldots n-k$ уравнением кодирования. Очевидно, выражения (6) легко могут быть реализованы в НС, где основными операциями являются сложение и умножение. На рис. 2 можно представить такую НС. При этом в качестве анализатора синдрома можно использовать алгоритмический блок (АБ) нейронную сеть Хопфилда [3], реализующую двунаправленную ассоциативную память.

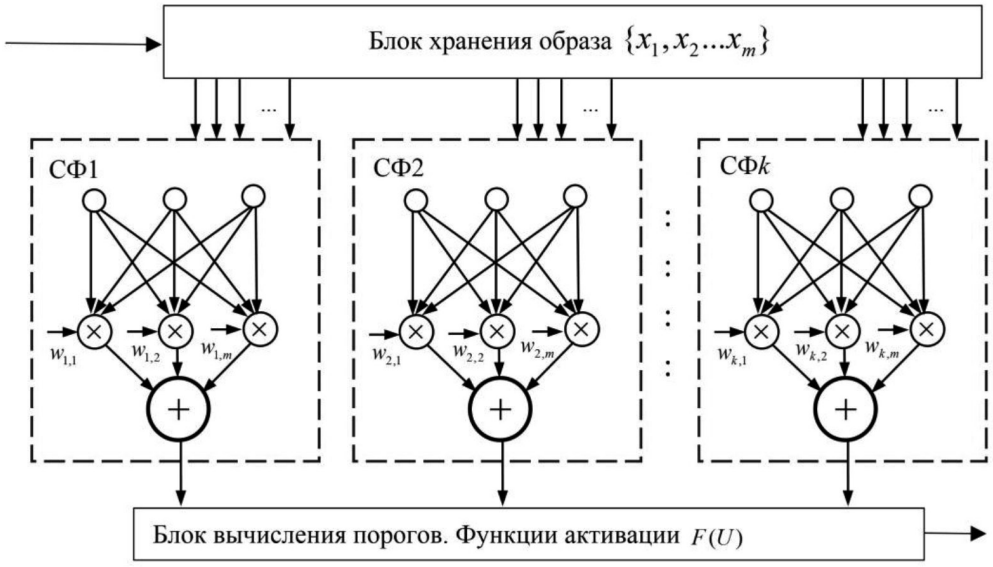



*Рис. 1. Первая решающая схема в НС базисе*

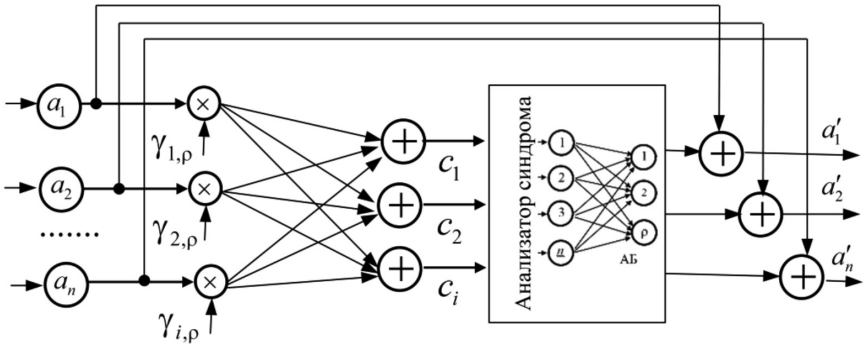



*Рис. 2. Вторая решающая схема УР*

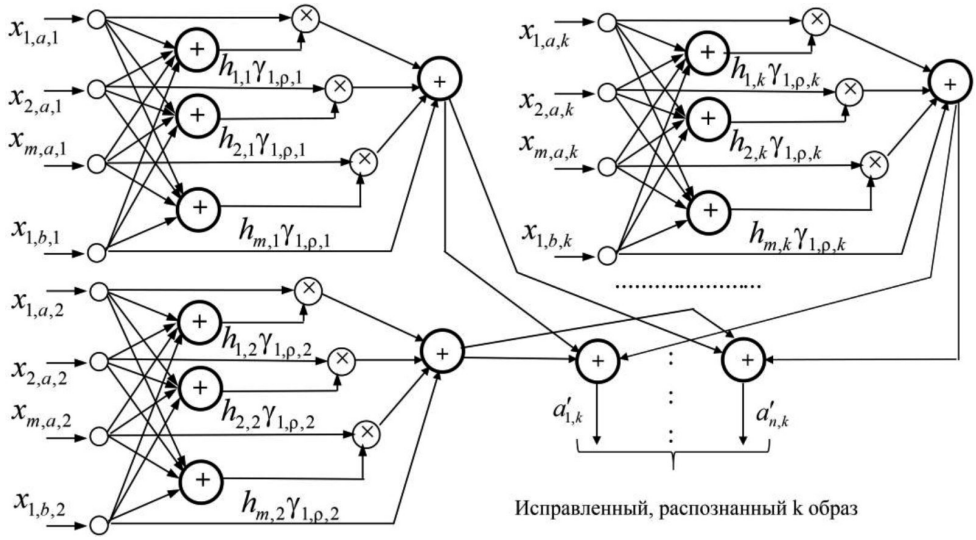



*Рис. 3. Оптимальное устройство распознавания образов в НС базисе*

Очевидно, для распознавания множества образов необходимо разбить общую НС на множество подобных решающих схем второго уровня. Для реализации распознавания образа в целом необходимо объединить НС (рис. 1) и НС (рис. 2) в одну сеть. Анализ выражений (4) и (6) показывает, что наличие однотипных алгебраических операций позволяет интегрировать их в единое аналитическое выражение. Решение о распознавании $x_{i,j,k}$ элемента $k$ образа $S_k$ принимается в момент тождественного совпадения разностей корреляционных функции, то есть при $\tau = 0$. Каждому значению $l$ в (6) соответствует совокупность из $n$ элементов $S_j$ принятого образа, то есть $A_q = \{S_k\}_q$. Обозначим элементы образа $x_{i,a,k}$ и $x_{i,b,k}$, как элементы, из которых формируются информационные ($a$) и проверочные ($b$) символы эталонного (разрешенного) $q$ образа (кодограммы). Далее опустим индекс $q$. Тогда подстановка выражения (4) в выражение (6) дает для $k$ образа

$$c_{\rho,k} \equiv \max\left[\sum_{j=1}^{k}\sum_{i=1}^{m} h'_{i,k}\,(x_{i,b,k} \oplus \gamma_{j,\rho,k}\, x_{i,a,k})\right]_i^k, \quad (7)$$

где $h'_{i,k} \equiv \max(h_{i,j} - h_{i,k})$ импульсная характеристика того фильтра, где наблюдается максимум правдоподобия или максимальное соответствие исходному образу распознаваемой аддитивной смеси. Анализ последнего выражения показывает, что устройство распознавания (УР) легко может быть реализовано в нейросетевом базисе. Причем весовые коэффициенты в данном случае $w_i = h'_i$ являются результатом самообучения нейронной сети – аналога СФ. Более подробно реализация одного элемента для $k$ образа представлена в [7]. С учетом большого числа образов НС усложняется. На рисунке многоточие подразумевает расширение НС до числа образов как на входе, так и на выходе 3. Для упрощения проверочные символы опущены.

## Результаты исследования и их обсуждение

Выход сети для каждого элемента (рис. 3) является результатом интеграции НС согласно выражению (7). Если распределить ресурсы единой сети, то разделение на отдельные компоненты и блоки стирается. Образуется единая НС, способная к распознаванию и коррекции исходного образа. Получается сложная многослойная НС, полученная в результате интегрирования обу-

чающихся участков и фиксированных (обученных) участков. При этом вектор ошибок для каждого образа уже будет не просто корректирующим вектором. В нем будут учтены как структура помехи, так и корреляционные свойства исходного образа. Образ будет распознаваться «в целом», а не поэлементно. Задача решена.

## Выводы

Представлен подход к синтезу нейронной сети распознавания образов «в целом». Сеть, построенная согласно (4, 6, 7) на основании расширения оптимального приемника отдельных элементов [7], до схемы распознавания *k* образов за один такт работы НС. Для упрощения реализации схемы в работе были сделаны допущения при выборе оптимальных схем решения, линейных алгоритмов кодирования и достаточно простых, линейных алгоритмов обучения без учителя. Это позволило сделать процедуру синтеза более наглядной и не ограничивает сам подход на расширение ее свойств. При этом НС должна быть обучена заранее на исходные образы. Используя предложенный подход, существует возможность реализации и других элементов вычислительных систем. Открытым остается выбор функций активаций и алгоритмов обучения.

## Список литературы

1. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение, 2-е изд. – М.: Диалектика / Вильямс, 2016. – 1104 с.

2. Клюев Л.Л. Теория электрической связи. – М.: Инфра-М, 2016. – 448 с.

3. Ran Lingyan, Zhang Yanning, Zhang Qilin, Yang Tao (2017-06-12). Convolutional Neural Network-Based Robot Navigation Using Uncalibrated Spherical Images. Sensors. MDPI AG. 17 (6): 1341. DOI:10.3390/s17061341.

4. Червяков Н.И. и др. Модулярная арифметика и ее приложения в инфокоммуникационных технологиях. – М.: Физматлит, 2017. – 402 с.

5. Ojha, Varun Kumar; Abraham, Ajith; Snasel, Vaclav. Metaheuristic design of feedforward neural networks: A review of two decades of research. Engineering Applications of Artificial Intelligence. 60: 97–116. DOI: 10.1016/j.engappai.2017.01.013.

6. Литвинская О.С. Основы теории передачи информации. – М.: Кнорус, 2015. – 168 с.

7. Смирнов А.А., Чемерисов А.Ю., Набродов П.А. Принципы построения инфокоммуникационных систем для обработки и передачи параллельных данных. – Ставрополь: Альфа Принт, 2009. – 172 с.

8. Николенко С., Кадурин А., Архангельская Е. Глубокое обучение. – СПб.: Питер, 2018. – 480 с.

9. Червяков Н.И. Нейрокомпьютеры в информационных и экспертных системах / Н.И. Червяков, О.П. Малофей, А.В. Шапошников [и др.]. – М.: Радиотехника, 2008. – 320 с.

УДК 004.031.42

# ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АДАПТИВНОЙ СРЕДЫ ОБУЧЕНИЯ НА БАЗЕ СИСТЕМ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ

**Соколов П.В., Ченцов С.В.**

*Институт космических и информационных технологий СФУ (Сибирский федеральный университет), Красноярск, e-mail: psokolov24@mail.ru, svchen@mail.ru*

В данной статье рассмотрены принципы построения адаптивной среды обучения на базе систем электронного обучения. Выявлены проблемы применения смешанного и дистанционного типов обучения в сфере образования в России и причины их возникновения, предложен подход к реализации адаптационного механизма обучения с применением WEB-технологий. Приведено краткое описание наиболее популярных систем электронного обучения, преимущества и недостатки их использования. На основании проведенного анализа современных программных продуктов в области СДО и результатов опроса среди студентов высших учебных заведений на предмет использования и оценки с позиции пользователя систем дистанционного обучения, предложены пути развития систем электронного обучения с применением механизмов адаптации. Представлено краткое описание разрабатываемого программного продукта в рамках проекта «PLS», позволяющего разрешить ряд существующих проблем в данной области. Сформулированы цели и задачи проекта, а также представлена общая структура разрабатываемого программного продукта с описанием общей концепции информационно-справочной онлайн-системы для высших учебных заведений с включенными модулями новостного портала, социальной сети, а также системы управления электронным обучением с «адаптивным ядром».

**Ключевые слова: электронная образовательная система, система дистанционного обучения, электронное обучение, адаптивная образовательная система, адаптивное обучение**

# TECHNOLOGICAL SUPPORT OF THE ADAPTIVE EDUCATIONAL ENVIRONMENT BASED ON E-LEARNING SYSTEMS

**Sokolov P.V., Chentsov S.V.**

*Institute of Space and Information Technologies SFU (Siberian Federal University), Krasnoyarsk, e-mail: psokolov24@mail.ru, svchen@mail.ru*

This article describes the principles of constructing an adaptive learning environment based on e-learning systems. Identified problems of application of mixed and remote learning types in the sphere of education in Russian Federation, an approach to the implementation of the adaptive learning mechanism with the use of WEB technologies is proposed. Also mentioned is a brief description of the most popular e-learning systems, advantages and disadvantages of their use. Based on the analysis of modern e-learning software products and survey results among university students on the use and evaluation of e-learning systems from the perspective of the user, ways of developing e-learning systems using adaptation mechanisms have been proposed. Presented a brief description of the being developed software product in the context of the project «PLS», allowing to solve a number of existing problems in this area. The goals and objectives of the project are formulated, the structure of the being developed software product is considered with a description of the general concept of an online information system with modules of a news portal, a social network, and a learning management system with an «adaptive core» for higher education institutions.

**Keywords: electronic educational system, distance-learning system, e-learning, adaptive educational system, adaptive learning**

Направление на индивидуализацию обучения в плане получения необходимых компетенций людьми с различной начальной подготовкой и способностями к обучению вынуждает вузы использовать системы электронного обучения (e-learning, СДО). Применение технологий и практик СДО обеспечивает широкие возможности для реализации адаптивной среды обучения с корректировкой вектора обучения студента, согласно характеристикам его успеваемости и личностных качеств, что является фундаментально перспективным инструментом для повышения качества образования. Однако на сегодняшний день не существует единого мнения о наборе технологических инструментов и подходов для реализации адаптивной среды.

Цель исследования: в данной работе рассмотрены проблемы применения существующих СДО в рамках создания адаптивной среды обучения, а также представлены возможные пути их решения с последующим внедрением в электронную образовательную среду.

## Материалы и методы исследования

Материал исследования составили результаты проведенного анализа существующих систем дистанционного и онлайн-обучения, а также результаты онлайн-анкетирования студентов высших учебных заведений относительно использования и оценки подобных систем электронного обучения при освоении предусмотренной образовательной программы.

Общий принцип организации существующих систем типа LMS/LCMS (Learning Management Sys-

tem), функционирующих как основные программные модули e-learning систем, на сегодняшний день как нельзя лучше подходит для обеспечения оперативного доступа к чтению и управлению необходимыми учебными материалами. Основными сущностями в электронных системах обучения являются блоки структурированной информации: учебные материалы, задания для оценки знаний (основной формат – тестирование), успеваемость и характеристика обучающихся. Принцип функционирования механизма адаптации в обучении с использованием технологических компонент можно определить как целенаправленное управление доступом обучаемого к учебным материалам и контрольным заданиям. Правила доступа определяются технологией преподавания предмета и зависят в том числе и от степени готовности обучающегося к восприятию материала в том или ином изложении. Рассматривая процесс адаптации в образовательном процессе в целом, исследователи и педагоги дают довольно схожие определения. Например, в работе Н.В. Абрамовских [1] процесс адаптации описан как сложный динамический процесс, приводящий к согласованию управляющей деятельности педагогов с управляемой и самоуправляемой деятельностью студентов в системе профессиональной подготовки.

Проблемы, связанные с внедрением и использованием СДО, а также методик смешанного обучения, где СДО применяют наряду с традиционными методами, можно обобщить как отсутствие опыта и благоприятной среды для их использования. Так, в работе А.В. Логиновой [2] отмечается недостаточное обеспечение СДО электронными материалами, отсутствие методик и опыта преподавания при смешанном типе обучения, а также отсутствие понимания перспектив перехода от традиционной модели обучения к смешанной. Нельзя не отметить, что при внедрении подобных систем и практик крайне необходимо учитывать реакцию и пожелания самих обучаемых. В большинстве случаев негативная реакция обуславливается недостаточной мотивацией студентов к использованию подобных систем ввиду их технических особенностей и недостатков, а также ввиду отсутствия положительного подкрепления для самих студентов. Недостаток положительных реакций ставит под сомнение целесообразность внедрения СДО и использования ее механизмов в учебных заведениях, следовательно, тормозит развитие данной области и требует переосмысления применяемых подходов и технологий.

Несмотря на большое количество существующих систем дистанционного обучения, среди которых можно выделить такие системы, как «ATutor», «ILIAS», «eFront», «Доцент» и др., все они, в основном работают и функционируют по одному и тому же принципу с использованием идентичных или почти идентичных подходов, а предпочтение среди преподавателей и специалистов по автоматизации отдается зачастую только одной-двум наиболее популярным системам, например Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) [3]. Популярность последней обусловлена вполне очевидными причинами: бесплатность, кроссплатформенность, открытый исходный код, крупное международное сообщество пользователей, поддержка пользователей со стороны разработчиков в виде обновлений и консультаций на официальном сайте и т.д. Несмотря на это, Moodle и подобные ей системы не раз подвергались и подвергаются критике со стороны педагогов. Например, отмечают недостаток возможностей для человеческого взаимодействия внутри системы, недостаточное количество инструментов для управления учебной деятельностью организации в целом (например, невозможность составления итоговых ведомостей), низкий уровень безопасности данных и т.д. [4]. Далеко не всегда перечисленные и другие подобные проблемы можно решить на уровне администрирования системы. Большинство решений требуют пересмотра и реорганизации самой структуры, ядра системы, что не всегда представляется возможным, опять же, ввиду отсутствия компетентных штатных специалистов и ресурсов для обеспечения и стимуляции выполнения такого рода задач. С технической точки зрения, даже если система имеет открытый исходный код, реструктуризация и обновление используемых технологий, паттернов, библиотек является крайне трудоемким процессом, требующим как знаний в области программирования, так и знаний о структуре системы и принципах ее функционирования. При создании адаптивной среды обучения на базе СДО подобные проблемы также присутствуют. Механизм адаптации, при создании соответствующей образовательной среды, должен быть заложен еще на уровне проектирования системы, а значит, применяемые для него методы и функции должны быть представлены в виде частей программного ядра, а не только в виде надстроек и загружаемых библиотек.

## Результаты исследования и их обсуждение

Проведенный анализ существующих решений СДО показал, что подавляющее большинство систем мало приспособлены для внедрения в российских учебных заведениях. Отсутствие официальной технической поддержки со стороны разработчиков, малое количество пользователей, ориентация на западную модель обучения делают внедрение и сопровождение этих систем крайне сложной задачей, требующей значительных затрат временных и финансовых ресурсов.

По результатам проведенного в апреле 2018 г. анонимного онлайн-опроса среди студентов высших учебных заведений, участие в котором приняли студенты СФУ, МПГУ, РАНХиГС, МГИМО и СибГУ, были получены следующие данные:

– 50% респондентов или не пользовались СДО или вовсе никогда о подобных системах не слышали;

– лишь 10% из числа респондентов, пользующихся СДО, отметили наличие функционала адаптивного обучения;

– 100% респондентов, пользующихся СДО, в качестве используемой назвали систему Moodle;

– 40% респондентов, пользующихся СДО, дали низкую оценку удобства пользования системой в целом;

– 65% респондентов, пользующихся СДО, в качестве главных недостатков си-

стемы отметили низкую стабильность системы, неудобный интерфейс, ошибки при автоматической проверке заданий;

– 70 % респондентов, пользующихся СДО, в качестве главных преимуществ системы отметили быстрый и удобный доступ к учебным материалам, возможность отслеживания своего прогресса и успеваемости, возможность дистанционной сдачи работ;

– 55 % респондентов, пользующихся СДО, отметили, что система используется не для всех предусмотренных планом учебных курсов;

– 80 % респондентов, пользующихся СДО, дали высокую оценку доступности учебных материалов внутри системы;

– 90 % респондентов подтвердили получение учебной информации (расписания занятий, факультативов и т.д.) из сети и 65 % из их числа отметили высокую доступность данной информации;

– 70 % респондентов отметили средний и низкий уровень индивидуального подхода к обучению со стороны преподавательского состава;

– 100 % ответивших на данный вопрос респондентов (45 % от числа опрошенных) высоко оценили ожидания от внедрения в учебном заведении полнофункциональной системы дистанционного обучения с функционалом социальной сети и методами адаптивного обучения.

Таким образом, современные СДО с элементами адаптивного обучения должны включать в себя не только вышеупомянутые LMS и LCMS модули с механизмами адаптации, но и в целом представлять из себя многофункциональный информационный портал учебного заведения с информационно-справочным материалом и элементами социальной сети. Важно предоставить студентам доступ внутри портала ко всем необходимым данным, включая расписания занятий, новости учебного заведения, информацию о семинарах, консультациях и прочей информации для повышения лояльности к использованию данной системы. Предоставление инструментов автоматизации учебного процесса на уровне обучающихся, преподавателей и дирекции учебного заведения в рамках одной системы значительно упростит взаимодействие между ними и сократит время, необходимое на поиск и предоставление нужной информации. Наличие инструментов и функций социальной сети повысит уровень коммуникации между участниками учебного процесса, а также даст больше возможностей для творчества и самовыражения, что, опять же, положительно скажется на оценке системы со стороны пользователей.

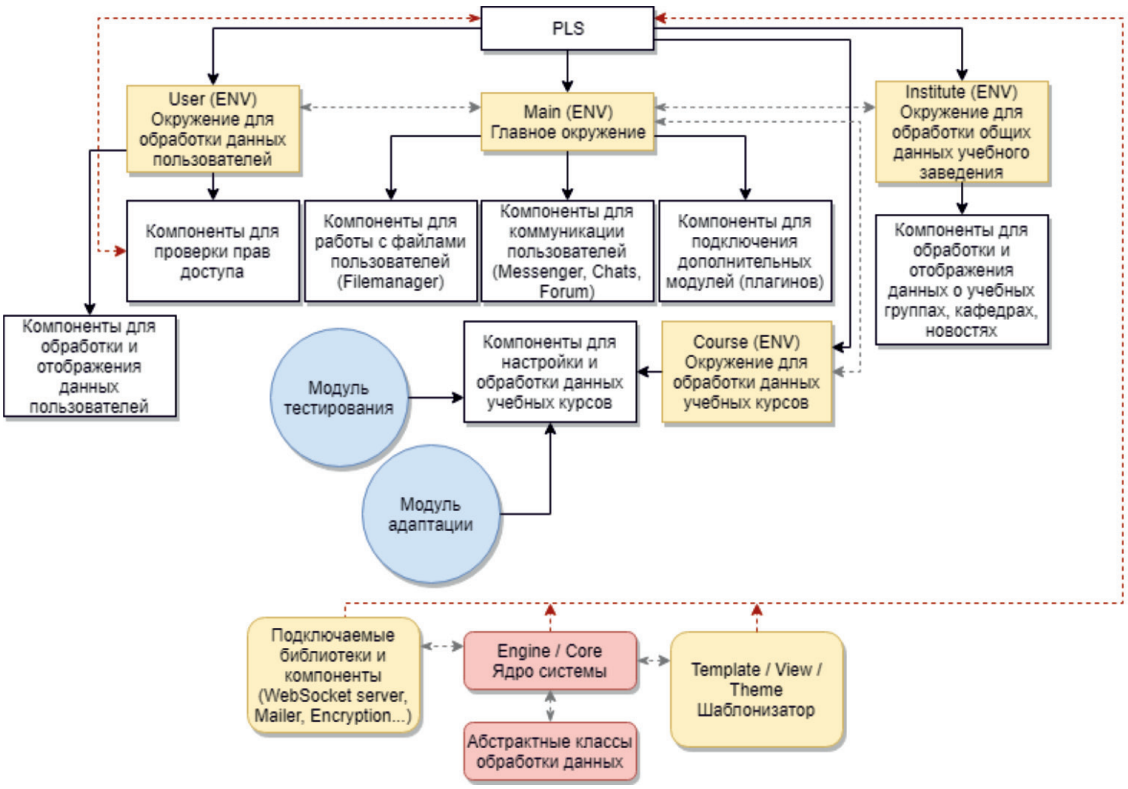
Цель предлагаемого авторами решения PLS (PHP Learning Solutions) – создание многофункциональной среды для реализации информационно-справочного учебного портала вуза и системы дистанционного обучения со встроенными механизмами адаптации. Опираясь на реалии российского образования, правовые аспекты и предпочтения пользователей, проект должен повлечь за собой положительную динамику в популяризации дистанционного обучения в России, а также решить ряд связанных с данным аспектом проблем.

Разрабатываемая программная платформа «PLS.Framework» с готовой реализацией CMS+LMS «из коробки» должна включать все необходимые механизмы и функции для обработки различной информации, необходимой для обеспечения работы СДО и адаптивного модуля. Использование наиболее популярного стека технологий, возможность официальной поддержки пользователей на территории страны, большой объем справочной информации, а также использование современных паттернов и подходов к построению архитектуры приложения должны значительно снизить «порог вхождения» для внедрения, модернизации и использования системы в сравнении с существующими аналогами. Так, при разработке «PLS.Framework» используются похожие принципы обработки данных и организации WEB-приложения, как и в наиболее популярных PHP-фреймворках – Yii и Symphony 2 [5], что потенциально заведомо расширяет круг компетентных специалистов по доработке и внедрению системы. Заложенный в ядре системы функционал и механизмы для сбора и обработки данных, необходимых для адаптивного ядра, помогут разработчикам и специалистам настраивать механизмы адаптации под определённые нужды. Одним из основополагающих принципов, заложенных в системе, является разделение на независимые «окружения» (ENV / Environments). Такой подход позволяет разделить используемые модели, контроллеры, представления и другие компоненты в зависимости от контекста использования. Система построена так, что для каждой среды можно не только создавать отдельные элементы, но и строить собственную таблицу маршрутов и подключать другие базы данных. Изменение одного отдельно взятого окружения не нарушит общую целостность системы, с учетом того, если другие окружения не ссылаются на изменяемые методы данного (наследование контроллеров, подключение моделей и т.д.). Таким образом, внутри одной системы можно создать несколь-

ко подсистем (сайтов, разделов) с разным оформлением, предназначением и информацией, используя при этом в необходимом контексте необходимые данные из других окружений. Система разрабатывается с учетом новых тенденций и накопленного опыта в сфере WEB-технологий, что позволяет значительно повысить стабильность работы и отказоустойчивость системы по сравнению с аналогами. Гибкость и простота в настройке каждого из окружений и модулей позволят максимально адаптировать использование системы под нужды конкретного учебного заведения, а расширенные возможности разделения прав доступа на зависимые и независимые группы позволят выполнить тонкую настройку по распределению функциональных возможностей. Особое внимание уделено безопасности информации. Благодаря встроенным функциям проверки доступа на уровне отдельного окружения, контроллера и представления, а также встроенной библиотеки для шифрования данных, минимизирована возможность утечки и неправомерного доступа к защищенной информации, что касается не только персональных или коммерческих данных, но и данных для проверки знаний учащихся. Немаловажную роль играет реализация собственных API функций для доступа к данным системы извне, а также функционала для обработки данных, получаемых с помощью API методов сторонних сервисов. Так, например, встроенный планировщик задач и календарь в системе «PLS» будет поддерживать возможность синхронизации с сервисом календарей Google, а реализованные API методы в окружении для работы с учебными курсами позволят выгрузить необходимые данные посредством обычного HTTP-запроса к серверу системы «PLS».

На рисунке представлена краткая абстрактная схема строения системы.

При представлении учебных курсов в системе использована модульная структура, где каждый курс можно разбить на отдельные модули, а каждый модуль, в свою очередь, на отдельные темы. Данная особенность поможет преподавателю гибко распределять и настраивать информацию внутри курса, что повысит ее восприятие, а также позволит выполнить гибкую настройку адаптационного модуля, добавляя правила отображения отдельных блоков материалов для отдельно взятого пользователя, при соответствии данных о его успеваемости необходимым критериям.




*Абстрактная схема строения системы «PLS»*

При разработке адаптационного модуля наряду с линейными методами задания правил отображения материалов в зависимости от статистических и числовых показателей, планируется использовать методы нечеткой логики, а в последующем и методы нейросетевого моделирования. Главной задачей на этапе разработки самой программной платформы является задача обеспечения требуемой функциональной среды с методами корректной дифференциации информационных потоков для последующего внедрения интеллектуальных алгоритмов обработки данных. Решение данной задачи повысит скорость внедрения таких алгоритмов на базе разрабатываемой системы.

## Заключение

Таким образом, проект «PLS» может стать отправной точкой для начала нового периода в сфере дистанционного онлайн-обучения в России, для создания нового сообщества разработчиков и педагогов в целях популяризации и обеспечения вузов новым поколением СДО с интегрированной адаптивной средой. Создание специализированной платформы с применением новых подходов и технологий с опорой на интересы и предпочтения пользователей непосредственно внутри страны поможет решить выявленные проблемы.

## Список литературы

1. Абрамовских Н.В. Адаптивные технологии профессиональной подготовки социальных педагогов в вузе // Известия Волгоградского государственного педагогического университета. – 2009. – № 6. – С. 114–117.

2. Логинова А.В. Смешанное обучение: преимущества, ограничения и опасения // Молодой ученый. – 2015. – № 7. – С. 809–811.

3. Moodle – Open-source learning platform [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://moodle.org (дата обращения: 25.04.2018).

4. Логинова А.В. Модульная объектно-ориентированная среда обучения (Moodle): эффективная или несовершенная форма организации обучения? // Молодой ученый. – 2015. – № 9. – С. 1112–1114.

5. The Best PHP Framework for 2015: SitePoint Survey Results – SitePoint [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.sitepoint.com/best-php-framework-2015-sitepoint-survey-results (дата обращения: 27.04.2018).

УДК 004.3

# О РАЗРАБОТКЕ ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА КОНТРОЛЯ БЫТОВЫХ ОТХОДОВ В ЖИЛЫХ РАЙОНАХ

**Соловьев А.Ю.**

*СТИ НИТУ МИСиС, Старый Оскол, e-mail: solovyov.anton@gmail.com*

В статье приводится описание программно-аппаратного комплекса контроля бытовых отходов. В первую очередь в статье описывается проблема сортировки бытовых отходов, а также вопрос отсутствия контроля заполняемости мусорных контейнеров, что влечет за собой повышение транспортных издержек на вывоз бытовых отходов. Описывается структура аппаратно-программного комплекса, в который входит оригинальный мусорный контейнер с установленными датчиками веса и объема и модулями GSM и RFID, а также информационная система. Предлагаемая система позволит контролировать состояние мусорных контейнеров, а также отслеживать выброс отходов тем или иным жителем жилого района. Дается описание информационной системы, выполненной в виде web-приложения, и всех процессов, которые она отслеживает, в частности выброс отходов жильцами. Предлагаемый к разработке комплекс позволит решать ряд важных задач, а именно: косвенно пропагандировать сортировку бытовых отходов, гибко регулировать тарифы на вывоз отходов в зависимости от объема выбрасываемого мусора конкретным жителем. Комплекс позволяет оперативно получать информацию о заполненности бака, что дает возможность более гибко строить график вывоза отходов и экономить на транспортных затратах.

**Ключевые слова: программно-аппаратный комплекс, ТБО, RFID-метка, мусорный контейнер**

# ON THE DEVELOPMENT OF A SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX FOR MONITORING HOUSEHOLD WASTE IN RESIDENTIAL AREAS

**Solovev A.Yu.**

*STI NUST MISiS, Stary Oskol, e-mail: solovyov.anton@gmail.com*

The article describes the software and hardware complex for controlling household waste. First of all, the article describes the problem of sorting household waste, as well as the lack of control over the filling of garbage containers, which entails an increase in transport costs for the export of domestic waste. The structure of the hardware and software complex is described, which includes an original garbage container with installed weight and volume sensors and GSM and RFID modules, as well as an information system. The proposed system will allow monitoring the condition of garbage containers, as well as monitor the release of waste by a resident of a residential area. A detailed outline of the information system executed in the form of a web-application and all related processes, in particular, waste disposal of tenants, is given. The proposed complex will solve a number of important tasks, namely: indirectly promote the sorting of household waste, flexibly regulate the tariffs for the export of waste, depending on the amount of waste emitted by a particular resident. Also the complex will allow to receive information on the filling of the tank operatively, which allows more flexible construction of the schedule of waste disposal and saving on transport costs.

**Keywords: solid household waste, RFID tags, software and hardware complex, waste container, information system**

Проблема, связанная с бытовыми отходами в Российской Федерации, на сегодняшний день стоит крайне остро. Так, например, общая площадь полигонов хранения твердых бытовых отходов (ТБО) занимает порядка 4 млн га, а по прогнозам к 2030 г. эта цифра возрастет в два раза [1]. В то же время переработке подвергается минимальная часть бытовых отходов, что существенно сказывается на экологии населенных пунктов, особенно в крупных городах.

Однако политика государства по решению проблемы бытовых отходов достаточно «своеобразна»: либо увеличивается число полигонов хранения ТБО, так, например, в Белгородской области, в Губкинском городском округе строится дополнительный полигон для захоронения ТБО, по причине того, что существующего полигона не хватает для обслуживания двух близлежащих городов с суммарным населением около 300 тыс. чел. [2]. Это приводит к ухудшению экологической ситуации в регионах, так как в бытовых отходах большой процент занимает пластик, а также другие материалы, которые при гниении выделяют токсичные вещества [3].

Другой путь – строительство мусоросжигающих заводов. Данный подход позволяет убрать часть полигонов ТБО, но в то же время, каким бы ни был современным мусоросжигающий завод и каким бы высокотехнологичным оборудованием он ни был оснащен, в любом случае такие заводы являются экологически небезопасными [4].

Третий наиболее экономически выгодный путь – переработка отходов. Общая схема процесса переработки отходов приведена на рис. 1 [5].

Главными элементами в процессе, представленном на рис. 1, являются сортировка отходов и доставка этих отходов в сортировочные центры с целью дальнейшей досортировки и продажи вторсырья на переработку.

*Рис. 1. Процесс работы с отходами с целью переработки и продажи вторсырья*

Однако в данном процессе возникает ряд нерешенных задач, а именно:

1. Российские граждане не сортируют бытовые отходы в должной мере. По мнению автора, данная задача вполне решаема, если пропагандировать пользу сортировки и вводить какие-то механизмы поощрения и наказания.

2. В России количество мусороперерабатывающих заводов и сортировочных заводов порядка 300 [6]. В условиях быстро растущей урбанизации, а также отходов населения подобное количество заводов недостаточное для внедрения всеобщей системы сортировки бытовых отходов. Вследствие этого возрастают транспортные расходы на доставку отходов в сортировочные центры или в центры для продажи вторсырья.

3. Инфраструктура городов Российской Федерации не оптимизирована на снижение транспортных затрат, связанных с вывозом отходов из жилых районов. На сегодняшний день компании, занимающиеся вывозом отходов, работают строго по графику, независимо от того, заполнен ли мусорный контейнер или нет. Это приводит к тому, что вывоз отходов с последующей утилизацией, переработкой, сортировкой или захоронением, является не оптимальным с позиции соотношения графика вывоза мусора и наполняемостью мусорных контейнеров.

Для решения вышеприведенных задач в западных странах и Российской Федерации предлагается ряд решений по контролю ТБО. В ходе предварительного анализа западных и отечественных аналогов было выявлено, что в большинстве случаев подобные решения состоят из информационной системы мониторинга заполняемости мусорных контейнеров, а также необходимых датчиков, GSM-модулей и контроллеров, которые устанавливаются в уже существующие контейнеры [7–9]. Либо предлагаются собственные контейнеры, но которые не поделены на секции по типу бытовых отходов [9–11]. Плюсы подобных решений заключаются в том, что если устанавливать датчики веса, уровня и т.д. в готовые контейнеры, то это существенно снижает конечную стоимость продукта. Минусы заключаются в том, что существующие контейнеры не продуманы для установки подобных электронных компонент, не имеют антивандальной защиты и не имеют модулей автоматической разгрузки. Также существующие контейнеры не поделены на секции по типу отходов. Западные и отечественные информационные системы отслеживания мусорных контейнеров позволяют только определять статус контейнера (насколько он заполнен) и формировать график сбора отходов из заполненных контейнеров, но не позволяют вести статистику по жителям жилых районов, например, кто и когда выбросил мусор, вес мусора и т.д. [10–12].

Задачи исследования: для решения вышеперечисленных задач и устранения недостатков в существующих решениях, которые были приведены выше, необходимо определить концепцию разработки программно-аппаратного комплекса контроля ТБО в жилых районах.

Основная идея решения заключается в том, что предлагается комплекс, который будет полезен и для управляющих компаний, и для покупателей вторсырья, и для транспортных компаний, которые осуществляют вывоз отходов. То есть предлагается уйти от жесткой схемы, представленной на рис. 1. Предлагаемое решение будет позволять отслеживать статус контейнера, например, на сколько контейнер заполнен отходами, что позволит не только оперативно вывозить отходы, а также вывозить нужный класс бытовых отходов (стекло, пластик и т.д.) сразу из жилого района, а не дожидаться, пока отходы попадут на мусоросортировочный завод или на полигоны захоронения ТБО.

В статье применены теоретические методы исследования, в частности анализ литературных источников. Для решения поставленной задачи предлагается использовать такие технологии, как RFID [13], а также стандартные средства проектирования и разработки информационных систем. В качестве аппаратных средств, а именно микроконтроллеров, датчиков и т.д., предлагается использовать стандартные решения, представленные на рынке.

Предлагаемый аппаратно-программный комплекс состоит из двух компонент:

1. Автоматизированный мусорный контейнер.

2. Информационная система управления и отслеживания мусорных контейнеров.

На рис. 2, приведена схема предлагаемого комплекса.

На рис. 3 представлена модель предлагаемого мусорного контейнера для установки в жилых районах с предполагаемыми размерами, а также месторасположением ключевых элементов электроники и необходимых устройств. В отличие от стандартных мусорных контейнеров, предлагаемый контейнер оснащен электронными компонентами и оборудованием.

Контейнер поделен на пять секций, каждая секция предназначена для бытовых отходов определенного типа (пластик, металл, бумага, стекло, органика и прочие отходы). Размер каждой секции выбран на основе статистических исследований по процентному соотношению каждого типа отходов от общего объема [14, 15]. Наибольший объем занимает секция для органических отходов, так как в среднем 60–70 % от общего количества отходов составляют органические отходы, стекло и макулатура – около 8 %, пластик – около 12 %, металлолом – около 2 % [14, 15]. Разделение на секции определенного объема позволяет контейнеру в целом равномерно заполняться, не вызывая переполнения одной из секций раньше других.

Суммарный объем контейнера рассчитывался исходя из установки одного контейнера около девятиэтажного панельного дома, в котором шесть подъездов.

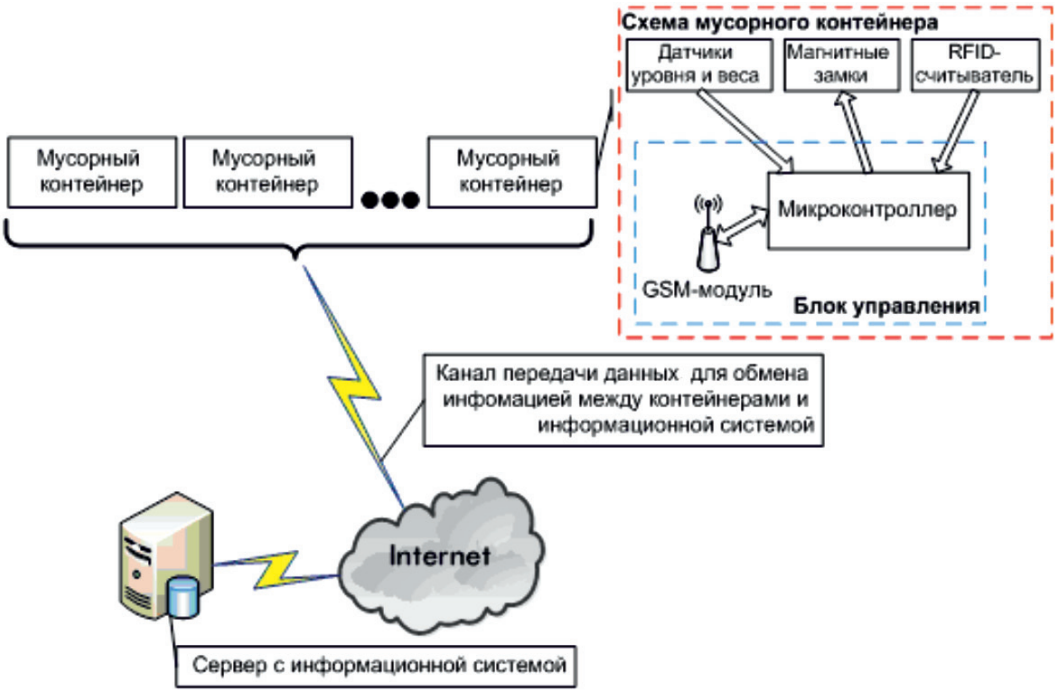



*Рис. 2. Схема предлагаемого комплекса по контролю бытовых отходов*

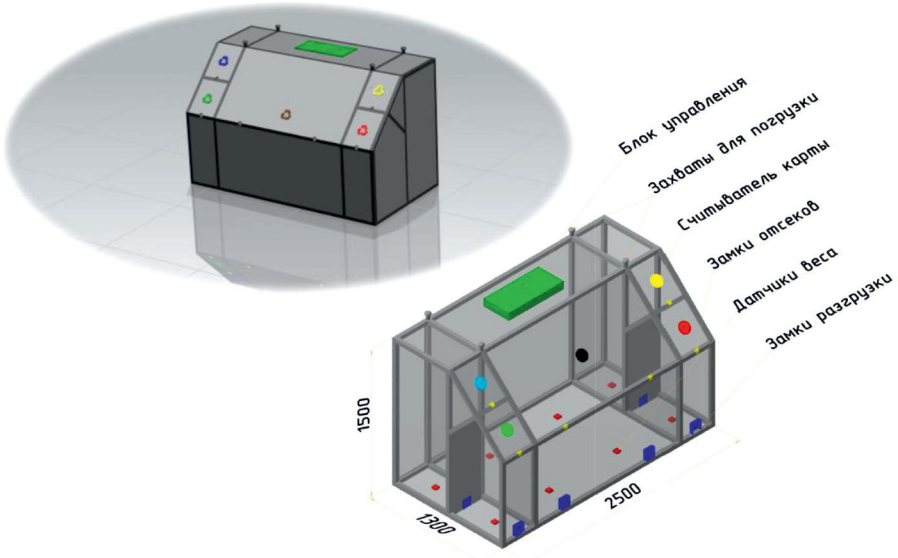



*Рис. 3. Прототип предлагаемого мусорного контейнера*

*Рис. 4. Процесс выброса отходов после внедрения предлагаемого комплекса*

Каждая секция контейнера оснащена датчиками веса и уровня, что позволяет определить степень заполненности секции контейнера, считывателем RFID-карт и блоком управления, в который входит микроконтроллер и GSM-передатчик. Вся электронная составляющая и рассмотренные датчики подключены к микроконтроллеру. Микроконтроллер позволяет оказывать управляющее воздействие на магнитные замки, на основе информации полученной с RFID-считывателя. Датчики веса и уровня отслеживают состояние наполняемости секций контейнера и отсылают необходимую информацию на микроконтроллер. Посредством сотовой связи микроконтроллер передает всю необходимую информацию в базу данных информационной системы.

Предлагаемый контейнер имеет в своей конструкции крепления, которые позволяют машине-мусоровозу оснащенным манипулятором грузить данный контейнер. Каждая секция оснащена магнитными замками разгрузки (элементы синего цвета на рис. 3), что позволяет быстро разгружать нужную секцию, как и на сортировочном заводе, так и на месте, в момент погрузки контейнера.

*Рис. 5. Структура предлагаемой информационной системы*

Рассмотрим процесс выброса бытовых отходов более подробно. Каждый житель жилого района получает карту, работающую по технологии RFID, данная карта содержит информацию об адресе, номере квартиры, текущем тарифном плане и т.д. На рис. 4 приведена схема процесса выброса отходов жителями городов после внедрения предлагаемого комплекса.

Горожанин, воспользовавшись картой с RFID-меткой, открывает нужную секцию мусорного контейнера. В этот момент происходит фиксация открытия контейнера микроконтроллером на основе полученных данных с RFID-считывателя, то есть при верном идентификаторе RFID-карты микроконтроллер дает команду на открытие необходимой секции, после чего информация об открытии контейнера отправляется посредством сотовой связи на сервер с базой данных предлагаемой к разработке информационной системы.

На рис. 4 показан сервер управляющей компании УК ЖКХ, однако установка серверной части информационной системы не ограничивается ЖКХ, это могут быть и транспортные компании, и компании, занимающиеся скупкой вторсырья, и т.д.

Как только житель выбрасывает отходы в нужную секцию, фиксируется вес отходов, а также вся необходимая информация: из какой квартиры был выброшен мусор, время, секция контейнера и т.д.

Рассмотрим предлагаемую информационную систему. На рис. 5 приведена ее схема.

Система выполнена в виде web-приложения, но данная реализация не является принципиальной, система может быть представлена в виде облачного решения, приложения под смартфоны или в виде обычного приложения.

Система имеет в своем решении базу данных, в которой хранится вся необходимая информация о мусорном контейнере, его состоянии, загруженности, дате и времени выброса мусора жильцами и т.д.

Предлагаемая система непрерывно обменивается служебной информацией с каждым из удаленно установленных мусорных контейнеров.

## Выводы

Рассмотрев предлагаемый программно-аппаратный комплекс, можно сделать вывод, что данное решение достаточно актуально в современных реалиях, связанных с проблемой ТБО. В дальнейшем планируется разработка предлагаемого комплекса. Предлагаемый программно-аппаратный комплекс контроля бытовых отходов при условии того, что он будет разработан и внедрен, позволит:

1. Решить проблему мониторинга наполняемости мусорных контейнеров, что позволит оптимально составлять графики вывоза отхода и экономить на транспортных расходах, а также сделать цепочку сортировка-продажа вторсырья более гибкой, позволив компаниям скупщика и переработчикам вторсырья самим забирать отсортированный мусор.

2. Вести статистику наполняемости мусорных контейнеров, отслеживать выброс мусора конкретным жильцом и гибко регулировать тарифы на вывоз и захоронение ТБО.

Благодаря реализации подобной схемы, можно в реальном времени отслеживать наполняемость каждого мусорного контейнера и каждой секции, тем самым сделав вывоз отходов транспортными компаниями более гибким и более оперативным. Предлагаемая система также способна контролировать объем и вес выбрасываемого мусора каждыми жителем. Это дает массу возможностей, так, например, в современных реалиях жители платят плату за вывоз мусора по среднему тарифу, независимо от количества выбрасываемого мусора. Предлагаемая же система позволит гибко регулировать подобные тарифы, в зависимости от количества выброшенного конкретным жителем мусора.

### Список литературы

1. Проблема мусора в России: страшная статистика [Электронный ресурс]. – URL: http://alon-ra.ru/problema-musora-v-rossii.html (дата обращения: 05.05.2018).

2. Инвестиционная программа ООО «ФЛАГМАН» по строительству полигона ТБО на территории Губкинского городского округа на 2015-2024 годы (для потребителей Губкинского и Старооскольского городских округов) // Администрация города Губкина [Электронный ресурс]. – URL: www.gubkinadm.ru/images/document/sessiisovdeputatov/prilog_28s_2s_2r.pdf (дата обращения: 05.05.2018).

3. Как решить проблему мусора – вред и вторичная переработка // Утилизация и переработка отходов [Электронный ресурс]. – URL: http://vtorothodi.ru/vse-ob-otxodax/problema-musora (дата обращения: 05.05.2018).

4. Нет мусоросжиганию! // Greenpeace России [Электронный ресурс]. – URL: http://www.greenpeace.org/russia/ru/campaigns/waste/combustion-plant/ (дата обращения: 05.05.2018).

5. Твердые коммунальные отходы, в том числе крупногабаритный. Компания «Чистый город» [Электронный ресурс]. – URL: http://clean-rf.ru/service_select.php?id=1 (дата обращения: 05.05.2018).

6. Сколько в России мусороперерабатывающих заводов? // Аргументы и Факты [Электронный ресурс]. – URL: http://www.aif.ru/dontknows/actual/skolko_v_rossii_musoropererabatyvayushchih_zavodov (дата обращения: 05.05.2018).

7. Пат. 2040452 Российская Федерация, МПК 6B 65F 1/14 A. Блок идентификации для мусорного контейнера/ Герхард Шефер; заявитель и патентообладатель Фритц Шефер Гезелльшафт Мит Бешренктер Хафтунг (DE) – № 5011946/13 опубл. 1995.

8. Официальный сайт компании Zerocycle [Электронный ресурс]. – URL: http://www.zerocycle.co (дата обращения: 05.05.2018).

9. Пат. 92415 Российская Федерация, МПК B 65 F 1 04. Многофункциональный контейнер / Баранов А.А.; заявитель и патентообладатель Баранов Андрей Александрович- № 2009139464/22; заявл. 26.10.2009 опубл. 2010.

10. Официальный сайт компании RUBICON [Электронный ресурс]. – URL: https://www.rubiconglobal.com (дата обращения: 05.05.2018).

11. Официальный сайт компании COMPOLOGY [Электронный ресурс]. – URL: https://compology.com/ (дата обращения: 05.05.2018).

12. Пат. 2381162 Российская Федерация, МПК B 65 F 1 14,G 08 B 25 10. Система для дистанционного контроля за мусорными контейнерами / Дикарев В.И., Рогалев В.А., Руденко Д.В., Рыбкин В.Л., Святкин Г.Ю.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество «Сателлит-СПб» – № 2008145000/11; заявл. 07.11.2008 опубл. 2010.

13. RFID // [Электронный ресурс]. – URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/RFID (дата обращения: 05.05.2018).

14. Косолапов Н.А. Статистика ТБО в России [Электронный ресурс] // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2014. – Т. 26. – С. 581–585. – URL: http://e-koncept.ru/2014/64417.htm. (дата обращения: 05.05.2018).

15. Отходы в графиках и диаграммах – 3.0 // ОБСЕ [Электронный ресурс]. – URL: https://www.osce.org/ru/secretariat/111319 (дата обращения: 05.05.2018).

УДК 004:37

# РАЗРАБОТКА И КОМПЬЮТЕРНАЯ РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ УПРАВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬЮ УЧРЕЖДЕНИЯ

**Сурушкин М.А.**

*ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: surushkin@bsu.edu.ru*

Настоящая статья посвящена созданию и описанию структурной модели управления образовательной деятельностью организации для обеспечения автоматизации внутренних процессов и потоков данных, а также разработке компьютерного инструмента реализации данной модели. Для создания модели был проведен анализ различных вариантов организационной структуры образовательных учреждений, подготовлен перечень основных направлений современной образовательной деятельности, а также составлена структурная схема, отражающая взаимозависимости всех процессов, связанных с рассматриваемой деятельностью. В качестве инструмента реализации созданной модели выбран вариант онлайн-системы с web-интерфейсом на базе платформы Moodle с расширенными возможностями. В частности, разработан модуль расширения системы Moodle, который предназначен для проектирования электронной образовательной среды и обеспечивает автоматизацию ключевых процессов управления. На базе расширенной системы создан типовой электронный ресурс образовательного учреждения (виртуальный университет), демонстрирующий возможности инструмента по проектированию единой электронной образовательной среды и предлагающий примерный шаблон для создания собственного инструмента управления учреждением. Использование разработанного шаблона системы позволит создать интегрированный онлайн-ресурс, с помощью которого будут решаться не только организационные задачи, но и задачи обучения.

**Ключевые слова: структурная модель управления, управление образовательной деятельностью, проектирование электронной образовательной среды, интегрированный образовательный онлайн-ресурс, модуль расширения системы Moodle**

# DEVELOPMENT AND COMPUTER REALIZATION OF MANAGEMENT MODEL OF INSTITUTION EDUCATIONAL ACTIVITY

**Surushkin M.A.**

*Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Belgorod National Research University, Belgorod, e-mail: surushkin@bsu.edu.ru*

This article is dedicated to development and description of structural management model of institution educational activity for internal processes and data streams automatization and development of computer tool for model realization. The analysis of different variations of institution organizational structure was made for model development and the list of main lines of modern educational activity was prepared and the structural scheme with all educational processes relationships was created. The kind of WEB online system based on Moodle platform with extended functions was chosen as a tool for created model realization. In particular the plugin for Moodle system was developed for educational e-space designing and for automatization of main management processes. Exemplary Web resource of educational organization (virtual university) was created with help of extended system to demonstrate functionality of this tool for e-space development and to save template for own management tool designing. The using of developed template of system in educational institution will help to create the own online resource for organizational and educational tasks solving.

**Keywords: structural management model, educational activity management, educational e-space designing, integrated educational online resource, plugin for Moodle system**

Непрерывное развитие современных электронных технологий способствует увеличению их использования в различных сферах деятельности. При этом внедрение технологий непременно отражается на происходящих процессах в тех или иных видах деятельности. Процессы подвергаются большей систематизации и упорядоченности [1, 2]. В связи с этим недостаточным представляется использование средств информационных технологий обособленно в отдельных видах деятельности применительно к одной организации, так как реализация основного вида деятельности организации невозможна без учета показателей выполнения сопутствующих задач, зачастую отраженных в отдельных информационных системах [3]. Данное правило применимо также к образовательным учреждениям [4]. В связи с этим наиболее правильным оказывается рассмотрение деятельности образовательной организации с точки зрения системного подхода. Совокупность всех электронных ресурсов и систем, используемых для автоматизации внутренних процессов образовательного учреждения, должна составлять единое электронное образовательное пространство этого учреждения [5, 6].

На сегодняшний день существует ряд систем автоматизации отдельных участков работы образовательного учреждения: авто-

матизированные системы управления («1С: Университет», программно-аппаратный комплекс «Автоматизация управленческой деятельности школы», «автоматизированная система управления вузом», «Галактика», «SAP R/3», «Oracle Applications» и др.), системы управления обучением («Moodle», «Claroline», «Dokeos», «ATutor», «ILIAS» и др.), системы автоматизации учета и планирования («1С: Зарплата и Управление Персоналом», «Кадры», «БОСС-Кадровик», «1С: Бухгалтерия», «Парус», «Электронная библиотечная система», «DSpace») [7, 8]. В то же время ни одна из существующих систем не предполагает интеграции с другими решениями с целью получения единого информационного пространства учреждения, включающего управление обучением и общего управления организацией.

Цель данного исследования: создание структурной модели управления образовательной деятельностью организации и ее компьютерная реализация в виде инструмента онлайн-управления.

*Модель управления образовательной деятельностью организации*

Для решения задачи по созданию такого единого электронного пространства разработана структурная модель управления образовательной деятельностью учреждения (рис. 1).

Осуществление образовательной деятельности учебного заведения относится к сфере оказания услуг, поэтому первым этапом этого вида деятельности является привлечение абитуриентов и формирование контингента обучающихся (блок 1.1 на рис. 1). Обучение производится по существующим образовательным программам, которые в соответствии с государственными стандартами обеспечиваются следующими ресурсами: материально-технические (блок 2.1 на рис. 1), учебно-методические (блок 2.2 на рис. 1) и научно-педагогические кадры (блок 2.3 на рис. 1). Использование этих ресурсов в процессе обучения сформированного контингента (блок 2.4 на рис. 1) выполняется в соответствии с внутренним порядком организации.

Помимо образовательной деятельности учебное учреждение осуществляет также два дополнительных, близких по содержанию и целям к образовательной, вида деятельности – научно-исследовательскую и социально-воспитательную. Благодаря работе, связанной с формированием и выполнением перспективных направлений исследований (блок 3.1 на рис. 1), становится возможным создание оптимального, соответствующего актуальным требованиям образования материально-технического и учебно-методического фонда, штата научно-педагогических кадров (НПК), а также планирование экономики учебной деятельности. Социальная поддержка (блок 4.1 на рис. 1) является неотъемлемой частью каждого вида деятельности, основанного на работе с людьми (НПК и обучающиеся). В то же время формирование культуры (блок 4.1 на рис. 1) – это одна из целей всех уровней образования.

Работа с любыми ресурсами требует организации эффективного управления ими путем решения различных административных задач. К первой группе задач можно отнести осуществление учета имеющихся ресурсов: кадровый и бухгалтерский учет (блоки 5.1 и 5.2 соответственно на рис. 1). Отдельной группой являются вопросы обеспечения международного сотрудничества (блок 5.7 на рис. 1), которые можно назвать специфическими для сферы образования и науки. К этим вопросам, в частности, относятся стажировки обучающихся, обучение по обмену, обмен кадрами, совместные научные исследования и т.д., целью которых является всесторонняя интеграция страны в мировое образовательное сообщество в качестве равноправного партнера. Немаловажной задачей управления является нормативно-правовое регулирование, которое обеспечивается юридическим сопровождением (блок 5.4 на рис. 1), а также делопроизводством и организацией внутреннего документооборота (блок 5.5 на рис. 1): подготовка и выполнение приказов, распоряжений, положений, регламентов о порядке обучения, перевода, отчисления, восстановления и предоставления отпусков обучающимся; организация практики, самостоятельной работы, подготовки и защиты курсовых работ, о промежуточной и государственной итоговой аттестации обучающихся, о порядке применения электронного обучения, дистанционных образовательных технологий при реализации образовательных программ, о системе рейтингования результатов деятельности НПР и т. д. Согласно теории систем образовательная деятельность как сложная динамическая система процессов стремится к сохранению внутреннего баланса, которое невозможно без оценки эффективности и качества выполнения всех процессов по отдельности и в совокупности, а также без централизованного влияния на них [9]. Только путем осуществления менеджмента качества (блок 5.6 на рис. 1) материально-технических, учебно-методических, кадровых ресурсов, а также процесса организации обучения возможно добиться выполнения основных требований

к современному образованию: актуальность и высокий уровень профессиональных знаний, умений и навыков, а также культуры обучающихся. Итоги оценки и анализа качества внутренних процессов должны находить отражение в стратегическом планировании образовательной деятельности, а также в постановке текущих целей и задач управления экономикой организации (блок 5.3 на рис. 1).

Построенная на основе правил системного анализа модель управления образовательной деятельностью организации обеспечивается помимо человеческих ресурсов потоками данных учета и статистики, а также различными инструментами оценки и анализа этих данных. На сегодняшний день такое информационно-инструментальное обеспечение реализуется путем применения соответствующих компьютерных информационно-аналитических систем на отдельных участках общей схемы управления образовательной деятельностью [10]. В то же время важным фактором эффективности деятельности организации является наличие единого механизма управления составляющими процессами этой деятельности. С точки зрения компьютерных технологий такой механизм может быть реализован как интегрированная компьютерная система с возможностями «электронного пульта» для ручного и автоматического управления, а также обеспечения онлайн-доступа к информации.

*Компьютерная система онлайн-управления образовательной деятельностью*

В качестве платформы для создания такой системы выбрана компьютерная web-система Moodle, предусматривающая

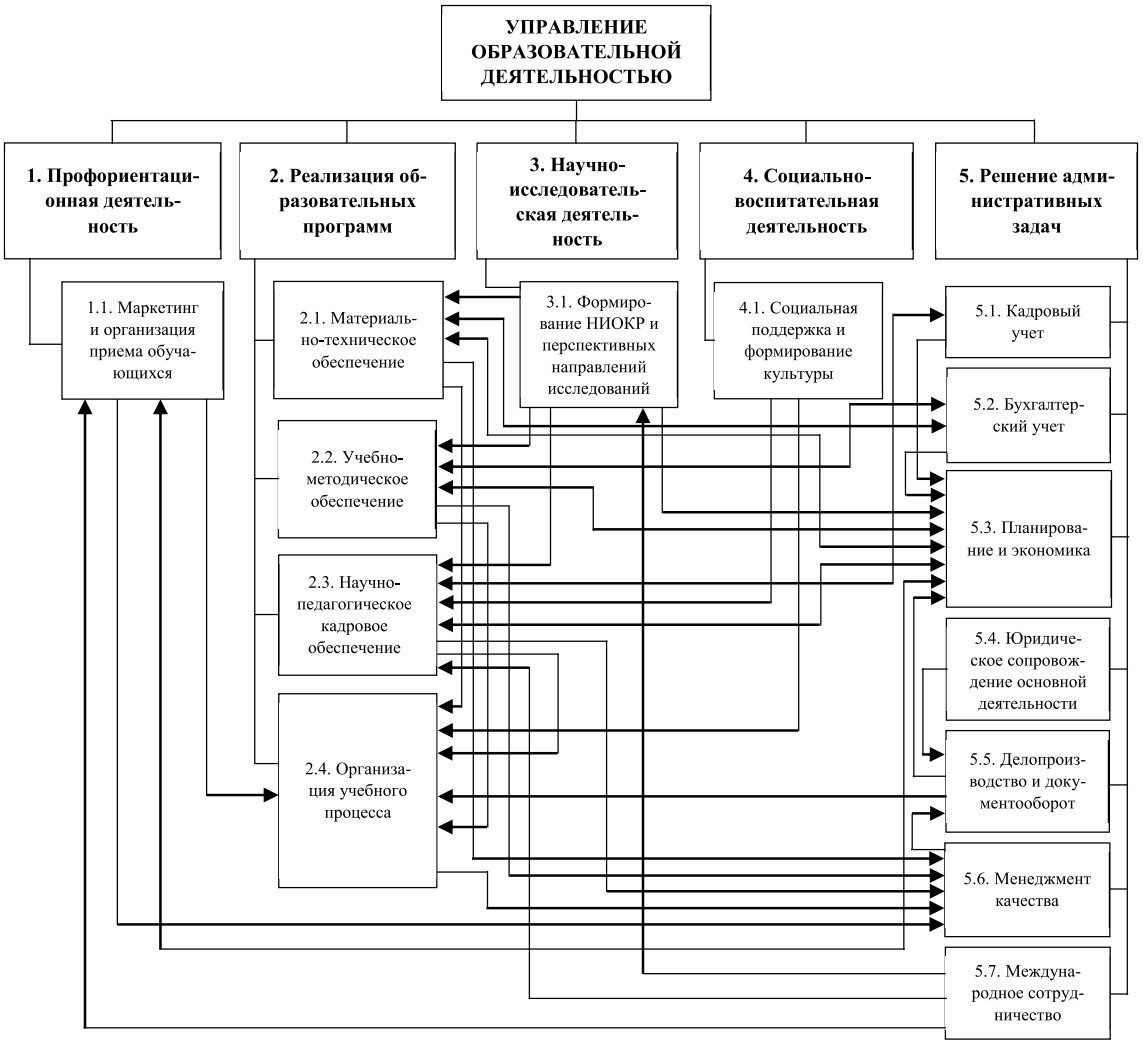



*Рис. 1. Структурная модель управления образовательной деятельностью учреждения (стрелка – взаимовлияние процессов, линия – взаимовложенность процессов)*

расширение своих функциональных возможностей путем создания программных модулей-плагинов [11–14]. Реализация структурной схемы управления образовательной деятельностью выполнена путем построения ER-модели для онлайн-системы и ее интеграции в собственную базу данных Moodle. В состав модели входит набор сущностей, изображённый на рис. 2.

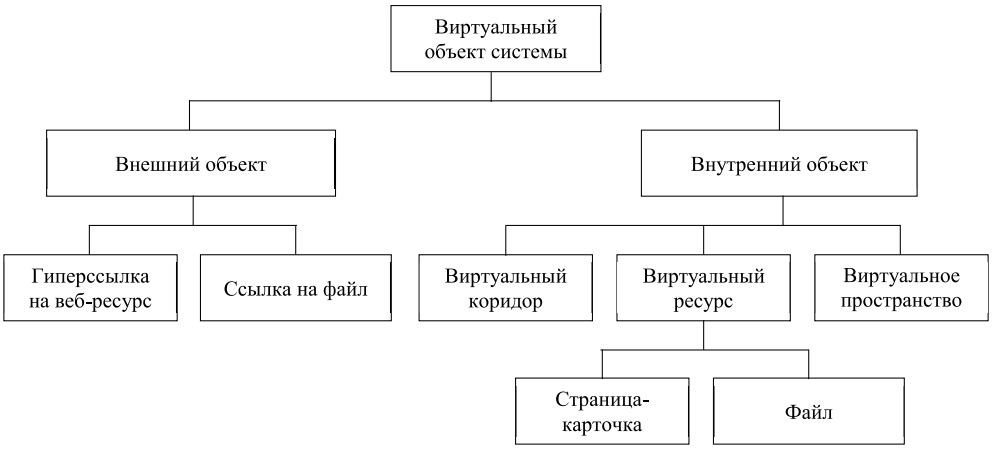



*Рис. 2. Набор сущностей ER-модели системы онлайн-управления образовательной деятельностью*

Для расширения возможностей Moodle разработан модуль проектирования электронной образовательной среды, который, во-первых, позволяет создавать систему навигации, интегрирующую все самостоятельные электронные ресурсы и системы организации (электронная приемная комиссия, системы кадрового учета, учета аудиторного фонда, электронного делопроизводства и документооборота, планирования и учета НИОКР, экономики организации, оценки качества образовательных услуг, а также электронная библиотека, электронное расписание, личный кабинет обучающегося и преподавателя) в единую электронную среду образовательного учреждения (ЭСОУ), а во-вторых, на основе типовых учебных курсов Moodle наполнять учебно-методическим содержанием те разделы электронной среды, которые связаны с функцией электронного обучения.

Назначение сущности «виртуальный коридор» состоит в том, чтобы создавать иерархию в системе навигации и подчинять (вкладывать) одни объекты-разделы электронной среды другим объектам-разделам. Сущность «виртуальный ресурс» – это внутренний объект системы Moodle одного из двух возможных видов: загруженный на сервер файл любого типа, который будет доступен в навигационном меню для открытия и просмотра; страница-карточка с произвольным набором полей разного типа для реализации простого информационного раздела электронной среды. Раздел с карточкой представлен в виде таблицы. Сущность «виртуальное пространство на основе шаблона» содержит учебно-методические материалы и реализована с помощью настроенных специальным образом учебных курсов платформы Moodle. В качестве примера использования учебных курсов в образовательной организации разработаны три шаблона виртуальных пространств для системы «Виртуальный университет»: кабинет группы (виртуальное общение, новостной форум, виртуальный дневник, мультимедиа коллекция, документы, объявления, фотогалерея, мероприятия, полезная информация, анкетирование и опросы); виртуальный кабинет (объявления, виртуальное общение, форум, чат, стандартный набор из семи пустых глав (тем) изучаемой в кабинете дисциплины, обучающие игры, контроль); виртуальное пространство (онлайн-трансляция, документы, обсуждения, фотогалерея, объявления, полезная информация, анкетирование и опросы).

Интерфейс редактора виртуальных объектов реализован в двух вариантах. В первом варианте все возможности по созданию, редактированию и удалению объектов представлены в блоке меню с соответствующим названием, который может быть отображен в боковой панели на любой странице системы. По умолчанию этот блок выводится на всех страницах для пользователей с ролью администратора ЭСОУ. Функциональные возможности блока реализованы в трех разделах: страница со списком объектов системы «Виртуальные объекты», раздел «Поля

карточек виртуальных объектов» блока редактора для проектирования структуры страницы-карточки виртуального ресурса путем добавления информационных полей одного из типов (строка, текст, дата, файл/гиперссылка), страница со списком созданных типовых шаблонов виртуальных пространств «Шаблоны виртуальных пространств» (кабинет группы, виртуальный кабинет, виртуальное пространство) с информацией о внутренних ID шаблонных курсов Moodle для настройки прав доступа и редактирования шаблонов.

Второй вариант интерфейса редактора виртуальных объектов создан на странице с иерархическим меню навигации по пространствам и объектам (рис. 3).

Страница-меню навигации ЭСОУ формируется динамически в соответствии с набором виртуальных объектов и пространств. Каждый пункт меню является ссылкой на один из объектов, созданных в редакторе. Меню оформлено в виде плитки с подсветкой, что позволяет успешно использовать электронную среду на сенсорных устройствах. В режиме редактирования на странице появляются статичные, а также всплывающие кнопки со следующими функциями: добавить новый виртуальный объект, переместить влево, переместить вправо, дублировать, редактировать и удалить выбранный объект. Все доступные операции выполняются с учетом уровня вложенности раздела на открытой странице.

В режиме редактирования доступна функция заполнения значений созданных в редакторе полей карточки. После включения этого режима на странице карточки появляются функциональные кнопки: редактировать, загрузить данные из файла-шаблона, сохранить данные в файл-шаблон. Для удобства заполнения реализована возможность сохранения данных в файл-шаблон и загрузка данных из файла-шаблона применительно к пунктам типа строка, текст или дата.

Для обеспечения единства и централизации всех потоков данных из различных систем создано единое хранилище данных путем расширения собственной базы Moodle MySQL. Синхронизация данных производится ежедневно по расписанию или ручным запуском, что позволяет обеспечить согласованность всех видов деятельности, выполняемых на различных участках работы и связанных с учебным процессом.

*Рис. 3. Пример меню навигации электронной образовательной среды (Виртуальный университет)*

## Заключение

Разработанная в рамках данной работы модель управления образовательной деятельностью и созданный на базе системы Moodle инструментарий с дополнительными функциональными возможностями позволяют создавать и широко применять интегрированные онлайн-ресурсы образовательных учреждений. Эксперимент по практическому применению системы подтвердил возможность реализации эффективного управления образовательной деятельностью организации. Таким образом, описанная модель и разработанный модуль проектирования электронной образовательной среды в Moodle могут быть положены в основу новых механизмов управления образовательной деятельностью организации за счет систематизации и упорядочивания всей информации, напрямую и опосредованно касающейся этой деятельности: для онлайн-доступа, для решения внутренних организационных задач, а также задач дистанционного обучения, сопровождения очного обучения и др.

## Список литературы

1. Тимофеев П.А. Проблемы интеграции данных и приложений в системах поддержки управленческих решений. Автоматизация систем поддержки управленческой деятельности: сб. науч. тр. МАДИ / П.А. Тимофеев, Т.А. Суэтина, Е.С. Москвичев, С.Н. Катырин. – М., 2011. – С. 28–32.

2. Юценко А.М. Моделирование информационного обеспечения управленческих решений / А.М. Юценко. – М., 2012. – 190 с.

3. Схиртладзе А.Г. Автоматизация технологических процессов: учебное пособие / А.Г. Схиртладзе, А.Н. Бочкарев, С.В. Лыков. – Ст. Оскол: ТНТ, 2013. – 524 с.

4. Емельянова Н.А. Использование информационных образовательных систем в учебном процессе: вызовы и перспективы. Вестник НГТУ им. Р.Е. Алексеева. Серия «Управление в социальных системах. Коммуникативные технологии» / Н.А. Емельянова, Е.А. Воронина. – 2016. – С. 5–13.

5. Рябова А.А. Критерии выбора информационных систем, сопровождающих процесс обучения. Университетские чтения – 2015. Материалы научно-методических чтений Пятигорского государственного лингвистического университета (Пятигорск) / А.А. Рябова. – 2015. – С. 61–66.

6. Немцев А.Н. Проектирование автоматизированной информационной системы мониторинга деятельности образовательных учреждений и предоставления «электронных услуг» в сфере образования. Научные ведомости Белгородского государственного университета. История. Политология. Экономика. Информатика. 13(108) / А.Н. Немцев, А.И. Штифанов, В.А. Беленко, Р.А. Загороднюк, С.Н. Немцев, О.В. Гальцев. – 2011. – С. 149–160.

7. Бердникова Т.Б. Анализ и диагностика финансово-хозяйственной деятельности предприятия / Т.Б. Бердникова. – М., 2011. – 224 с.

8. Захарцев С.Н. Информационные технологии в управленческом учете в бюджетировании, автоматизация финансового управления. Управленческий учет и финансы / С.Н. Захарцев. – 2009. – № 1. – С. 68–78.

9. Баринов В.А. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: справочник / В.А. Баринов, Л.С. Болотова. – М.: Финансы и статистика, 2012. – 848 с.

10. Матвеева Л.Л. Информационные технологии в менеджменте / Л.Л. Матвеева. – М., 2010. – 187 с.

11. Moodle Pty Ltd. Moodle project / Moodle Pty Ltd. – Perth, Australia, 2004. URL: https://docs.moodle.org/dev/License (date of the application: 17.06.2018).

12. Живенков А.Н. Формирование плагинов LMS MOODLE для адаптивного построения структуры курса электронного обучения. Научные ведомости Белгородского государственного университета. История. Политология. Экономика. Информатика. 19 (90) / А.Н. Живенков, О.Г. Иванова. – 2010. – С. 150–156.

13. Jonathan Moore. Moodle 1.9 Extension Development // Jonathan Moore, Michael Churchward. – Packt Publishing, 2010. – 320 с.

14. Гильмутдинов А.Х. Электронное образование на платформе Moodle / А.Х. Гильмутдинов, Р.А. Ибрагимов, И.В. Цивильский. – Казань: КГУ, 2008. – 170 с.

УДК 62-851.1

# ОДНОМЕМБРАННЫЙ ПРИВОД С ВСТРОЕННОЙ КАМЕРОЙ ОПОРЫ ШТОКА

**Сысоев С.Н., Воздуган А.А., Фуртиков С.А.**

*Владимирский государственный университет имени А.Г. и Н.Г. Столетовых (опорный университет), Владимир, e-mail: komrad.furtickow@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена исследованию пневматических мембранных преобразователей, содержащих мембрану с встроенной в неё опорой штока, выполняющей функцию жесткого центра, широко применяемые в приводах машиностроения в качестве запорно-регулирующей аппаратуры станкостроительной, химической, нефтегазовой и других отраслей. Анализируется влияние параметров опоры штока на механические характеристики привода. Рассмотрены методы работы мембранных приводов. Показана возможность повышения эффективности их функционирования применением метода работы, состоящего в использовании величины эффективной площади мембраны. Предложена идея изменения эффективной площади мембраны в процессе работы привода путем регулирования изгибной жесткости опоры. Разработаны устройства, реализующие данную идею, в которых опора выполнена в виде эластичной оболочки, образующей герметичную камеру, соединенную, например, с пневмолинией избыточного давления или разрежения. Были проведены натурные исследования одномембранного пневматического привода на лабораторном стенде. Исследования подтвердили промышленную применимость и эффективность предложенных идеи и технических решений. В приводе с мембраной, выполненной из резины ИПР-1266, толщиной 1 мм, диаметром 105 мм и камерой диаметром 62 мм, существенно повышается его жесткостная характеристика. Показана возможность в процессе работы привода устранить влияние полезной нагрузки на изменение положения штока путем регулировки эффективной площади мембраны.

**Ключевые слова: пневматические мембранные приводы, мембрана, метод изменения эффективной площади, жесткий центр, опора штока, камера, встроенная в мембрану, изгибная жесткость опоры**

# SINGLE-DIAPHRAGM DRIVE WITH A BUILT-IN CHAMBER OF THE ROD'S SUPPORT

**Sysoev S.N., Vozdugan A.A., Furtikov S.A.**

*Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs, Vladimir, e-mail: komrad.furtickow@yandex.ru*

The paper studies pneumatic diaphragm transmitters, which diaphragm has an integrated rod's support functioning as a solid center. Such diaphragm transmitters are widely used as shut-off and control valves in machine drives in machine-tool, chemical, oil and gas and other industries. The effect of the support's parameters onto the mechanical performance of the drive is analyzed. Methods of operation of diaphragm actuators have been considered. The possibility of the improvement of their efficiency through the introduction of the working method using the value of the diaphragm's effective area has been demonstrated. The idea of changing the diaphragm's effective area during the drive operation by way of regulating the rod's bending stiffness has been suggested. Special devices implementing this idea have been designed. The rod's support in these devices is designed in form of an elastic cover which produces a sealed chamber that can be connected, for example, with the pneumatic line of the excess pressure or exhaust. Full-scale studies of the single-diaphragm pneumatic drive were performed on a laboratory bench. The studies have confirmed the industrial applicability and the efficiency of the suggested idea and engineering solutions. The drive with a diaphragm made of the IPR1266-rubber having 1mm thickness and 105 mm in diameter demonstrates major improvements of its stiffness properties. The possibility of removing the impact of the workload onto the rod's position change through the regulation of the diaphragms' effective area during the drive operation has been demonstrated.

**Keywords: pneumatic diaphragm actuator, membrane, method of changing of the effective area, solid center, rod's support, diaphragm-inbuilt chamber, rod's bending stiffness**

Мембранные приводные механизмы занимают должную нишу в клапанном агрегатостроении и широко применяются в машиностроении в качестве силовых приводов, а также устройств управления в пневмо- и гидроавтоматике.

Большинство современных научных работ по совершенствованию арматуры такого рода ведутся в направлении расширения области применения путем, например, создания новых материалов [1], что позволяет устройствам работать в стерильных условиях со средами практически любой агрессивности на химических и фармацевтических предприятиях, а также разработкой новых конструктивных технических решений [2], улучшающих динамику, прочностные параметры, надежности машин и приборов.

Анализ причин, сдерживающих повышение технического уровня, функциональных возможностей и динамического качества мембранных приводов, показал, что в данных работах ведутся исследования механизмов, использующих традиционный метод их функционирования. Энергией давления в рабочей камере изгибают мембрану,

выполненную из герметичного эластичного материала, перемещая шток в требуемое положение. Силовое воздействие на шток от давления рабочей среды повышают встраиванием в мембрану жесткого центра, выполняющим функцию негнущейся опоры штока, увеличивая эффективную площадь мембраны. При этом не используется возможность регулирования силового воздействия на шток изменением эффективной площади мембраны, что существенно ограничивает возможность качественного повышения эффективности работы мембранных приводов.

Использование влияния величины эффективной площади мембраны на функционирование привода и ранее рассматривалось в данном контексте в отечественных и зарубежных работах. Например, в работе [3] приведена теория и методология расчета, учитывающая пять зон различных эффективных площадей мембраны, возникающих в результате деформации полота. Изменение эффективной площади мембраны также реализуют путем применения мембраны, обладающей упругими свойствами, изменяющимися при воздействии на нее такого перепада давлений, величина которого создает напряжение в материале мембраны, превышающее предел упругости [4].

Однако в данных устройствах отсутствует возможность регулировки, управления эффективной площадью мембраны в процессе их работы.

Применение метода работы [5] мембранных приводов, основанного на использовании изменения эффективной площади мембраны, расширяет их функциональные возможности и повышает технические характеристики. Однако в данных механизмах не полностью используются возможности метода, так как отсутствует управление эффективной площадью мембраны в процессе работы привода.

Цель исследования: повысить эффективность работы мембранного привода путем разработки и исследования устройства с регулируемой эффективной площадью мембраны.

## Материалы и методы исследования

Для реализации поставленной цели предложена идея управления эффективной площадью мембраны в процессе работы привода путем регулирования изгибной жесткости опоры. Данная идея реализована устройствами с гнущейся опорой штока, встроенной в мембрану. Причем опора выполнена с возможностью регулировки её изгибной жесткости. В мембрану встроена герметичная камера в виде эластичной оболочки (рис. 1), полость которой соединена с источником энергопитания.

Мембранный привод (рис. 1, а) состоит из корпуса 1, мембраны 2, ограничивающей рабочую камеру А привода. В мембране вмонтирована камера в виде эластичной герметичной оболочки 3, выполняющая функцию опоры штока 4, образующая герметичную полость *M*, которая соединена с пневмолинией энергопитания.

В исходном положении (рис. 1, а), когда в камерах *A* и *M* атмосферное давление воздуха, жесткий центр обладает изгибной жесткостью, приближающейся к жесткости мембраны. Повышение давления воздуха в камере *M* (рис. 1, б) уменьшает её изгибную податливость, увеличивая эффективную площадь мембраны. В ситуации, когда давление в рабочей камере атмосферное, а в камере *M* создают избыточное давление воздуха, шток не перемещается, так как эффективные площади камеры в мембране выполнены одинаковыми и оболочка прогибается симметрично в двух направлениях по оси штока.

Полезная нагрузка *N* существенно влияет на ход штока при незначительной изгибной жесткости его опоры (рис. 1, в). Созданием избыточного пневмодавления в камере опоры (рис. 1, г) штока повышают её изгибную жесткость, эффективную площадь мембраны и соответственно величину силового воздействия на шток от давления в рабочей камере привода, что уменьшает зависимость хода штока от полезной нагрузки. Общий вид мембраны с камерой, встроенной в неё, показан на рис. 1, д.

Исследования влияния эффективной площади мембраны на механические характеристики привода проводились на лабораторном стенде (рис. 2).

В корпусе 1 (рис. 2, б) закреплена мембрана 2 с встроенной в неё камерой 3 опоры штока 4, выполненной с возможностью соединения с давлением питания $p_м$. Рабочая камера А соединена через регулятор давления 5 с источником пневмопитания. На штоке установлен датчик 6 его положения, а на корпусе датчик давления 7 в рабочей камере *A*. Информация с датчиков поступает через АЦП 8 на ЭВМ 9. На штоке закреплен обводной элемент 10, на котором по оси штока закреплен нерастяжимый трос 11, соединенный через ролик 12 с грузом 13, выполняющим функцию полезной нагрузки, воздействующей на привод.

Исследована зависимость величины хода штока от величины полезной нагрузки при изменении эффективной площади мембраны путем регулировки изгибной жесткости опоры штока величиной давления воздуха в камере, встроенной в мембрану.

Материал мембраны резина ИРП – 1266; толщина мембраны 0,5 мм; диаметр мембраны 105 мм; диаметр штока 8 мм; диаметр камеры опоры 62 мм.

## Результаты исследования и их обсуждение

Пример характера зависимости величины хода $x$ штока от давления $p_а$ в рабочей камере привода и камере опоры мембраны $p_м$ при полезной нагрузке 5Н на штоке приведен на рис. 3.

Графики показывают, что увеличение давления воздуха $p_А$ в рабочей камере приводит к незначительному перемещению штока при отсутствии манометрического давления $p_м$ в камере мембраны. Создание давления в камере опоры штока приводит к увеличению его хода при заданном давлении в рабочей камере привода и величине полезной нагрузки.

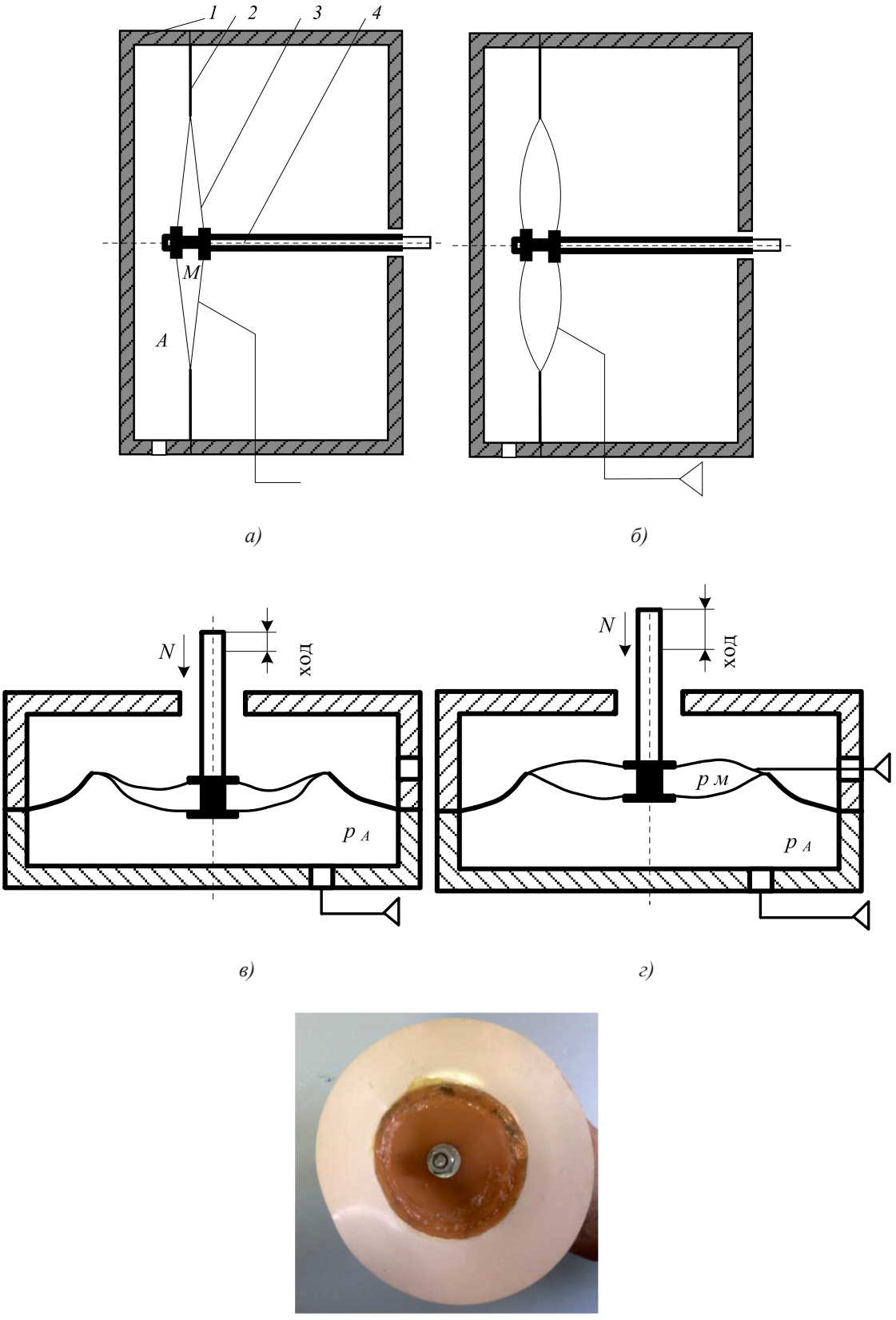
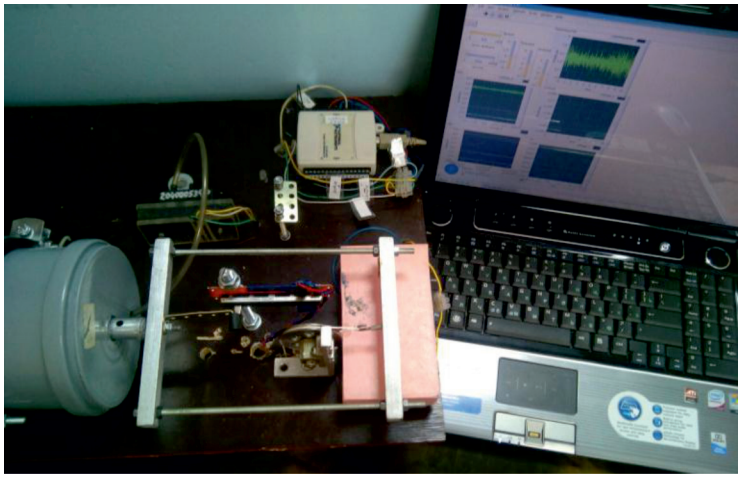
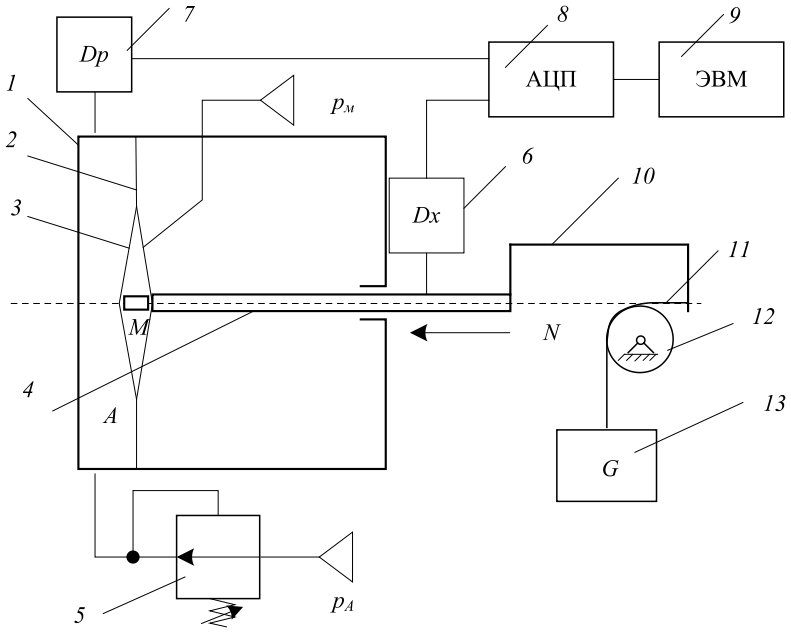



*Рис. 1. Схемы работы привода: а), б) и в), г) соответственно работа привода без полезной нагрузки на шток и с ней; д) общий вид мембраны с камерой опоры штока*



*а)*




*б)*

*Рис. 2. Лабораторный стенд для исследования параметров одномембранного привода: а) общий вид; б) схема стенда*

Пример исследования влияния давления в камере опоры штока на зависимость его хода от величины полезной нагрузки, создаваемой на шток привода, для давления 0,025 МПа в рабочей камере показан на рис. 4.

Графики показывают, что создание давления в камере мембраны приводит к увеличению изгибной жесткости опоры, повышая механическую жесткостную характеристику привода хода штока от полезной нагрузки.

Это позволяет, например (рис. 5), обеспечить неизменное положение штока при постоянном давлении в рабочей камере 25 кПа в условии изменения величины полезной нагрузки до 20 Н.

Графики показывают, что при традиционном способе работы привода с постоянной величиной эффективной площадью мембраны полезная нагрузка существенно влияет на ход подвижного рабочего органа. В приводе с дополнительной камерой опоры штока существенно снижается зависимость хода штока от величины полезной нагрузки. Причем, чем больше давление в камере опоры, чем меньше данная зависимость.

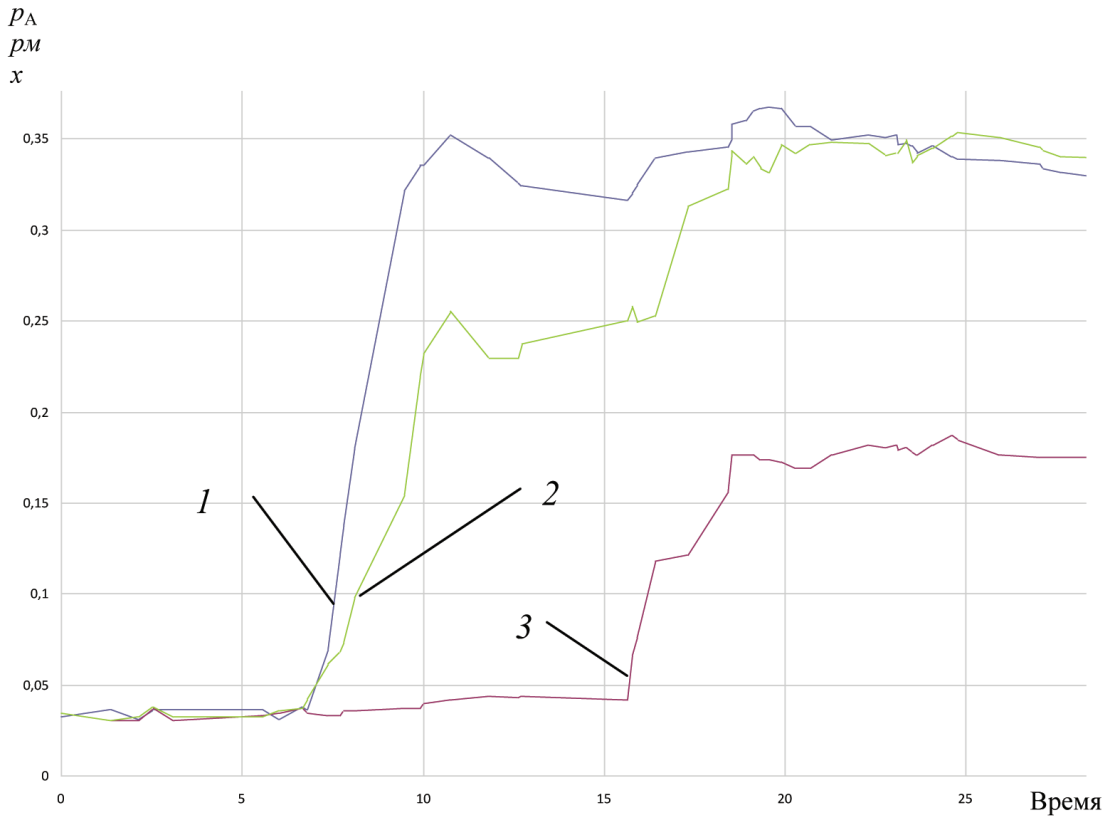



*Рис. 3. Осциллограмма работы привода: 1 – давление воздуха $p_A$ в рабочей камере; 2 – положение x штока; 3 – давление $p_м$ в камере мембраны*

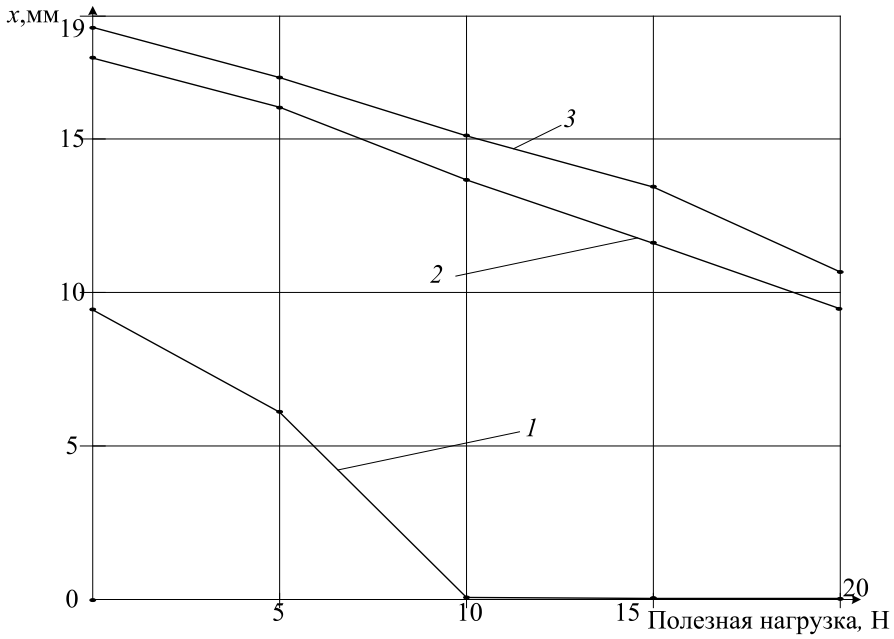



*Рис. 4. Графики влияния давления в камере опоры штока на зависимость его хода от величины нагрузки, где 1, 2, 3 – соответственно давление в камере 0 кПа, 25 кПа и 30 кПа*

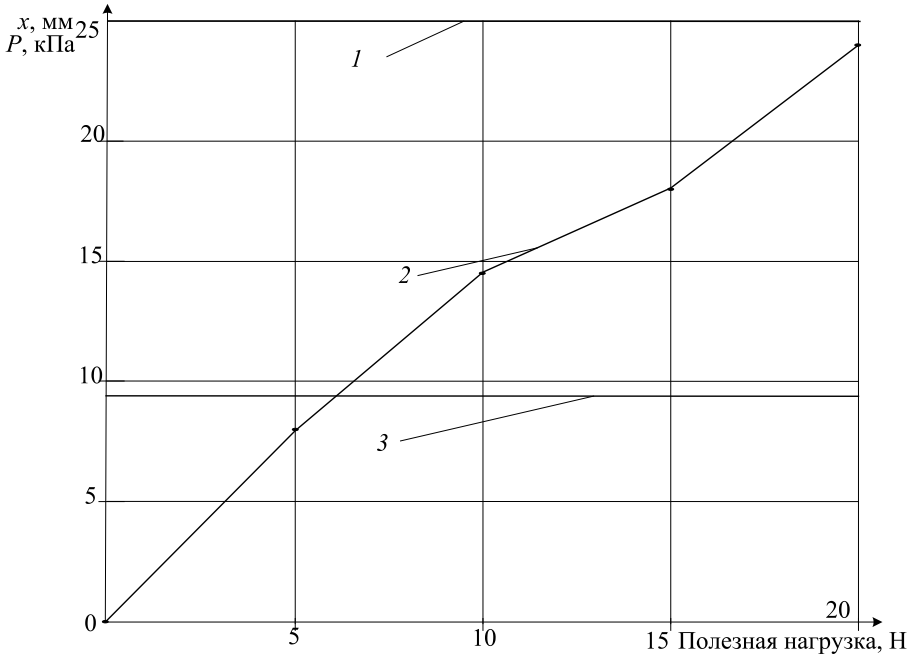



*Рис. 5. Графики зависимости хода штока от величины полезной нагрузки, где 1, 2 – соответственно давления в рабочей камере привода и камере опоры; 3 – положение штока*

Это позволяет, регулируя величину давления в камере опоры штока в зависимости от величины полезной нагрузки, обеспечить постоянное положение штока при заданном давлении в рабочей камере привода и изменении величины полезной нагрузки на привод.

## Заключение

Таким образом, предложенная идея и устройство для её реализации, где в мембрану встроена дополнительная камера, выполняющая функцию опоры штока с регулировкой её изгибной жесткости в процессе работы привода, не только расширяет функциональные возможности мембранных приводов, но и значительно улучшает их технические характеристики.

## Список литературы

1. Jones Steve. The Future of Valves and Diaphragms Supply. BioPharm International, May 1, 2013, pp. 32–33.

2. Лаврусь О.Е. Беспружинная пневмоаппаратура с уплотнительными затворами различной физической природы: автореф. дис. … д-ра техн. наук (01.02.06) / Лаврусь Ольга Евгеньевна; Самарский государственный университет путей сообщения. – Орёл, 2011. – 36 с.

3. Рыбак А.Т. Теория и методология расчета и проектирования систем приводов технологических машин и агрегатов АПК: автореф. дис. … д-ра техн. наук (05.02.02) / Рыбак Александр Тимофеевич; Донской государственный технический университет. – Ростов-на Дону, 2011. – С. 12–13.

4. А.с. 26959I СССР. МКИ³ F15C 5/00, G06d 1/02 Способ регулировки эффективной площади мембран в устройствах пневмо-и гидроавтоматики / Л.А. Балховитин, В.М. Зорин, А.Д. Сосновский; опубл. 01.01. 1970, № 15.

5. Сысоев С.Н. Метод управления приводом / С.Н. Сысоев, А.А. Воздуган // Вестник машиностроения. – 2017. – № 5. – С. 35–37.

6. Сысоев С.Н. Одномембранный привод с переменной эффективной площадью / С.Н. Сысоев, А.А. Воздуган // Международный научно-исследовательский журнал «International Research Journal». – 2016. – № 4 (46), часть 2. – С. 194–196.

УДК 004:007.52

# ПОСТРОЕНИЕ ИСПОЛНИТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ РОБОТОВ ДЛЯ ОБРАБОТКИ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ОБЪЕКТОВ

**Умнов В.П.**

*ФГБОУ ВПО «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых» (ВлГУ), Владимир, e-mail: mex-rob@yandex.ru*

Одной из актуальных задач, стоящих перед разработчиками робототехнических систем, является создание комплексов, способных обрабатывать объекты больших габаритов, в том числе в полевых условиях. Рассмотрены обобщенные манипуляционные функции, реализуемые в системе, и последовательность ее комплексирования. Система должна удовлетворять следующим требованиям: оптимальное число манипуляторов; минимум величины потребляемой энергии; обеспечение необходимой точности при значительной длине звеньев; возможность обработки объектов в условиях неопределенности их геометрической формы и положения; выполнение комплексных технологических операций с одной позиции; транспортабельность. Предложена структура манипуляционной исполнительной системы с системой управления. Манипуляционная система состоит из двух манипуляторов. Координатный манипулятор обладает тремя степенями подвижности, и на его выходном звене размещен производственный манипулятор с пятью степенями подвижности, выполняющий рабочие операции сменным инструментом. Параметры манипуляторов, условия их совместной или раздельной работы будут оказывать значительное влияние на качество движения и выполнения операции. В исполнительных кинематических цепях с вращательными парами пятого класса указанная компенсация может быть реализована за счет введения дополнительных удерживающих связей, которые в сочетании с основными звеньями позволяют разложить реактивные моменты в степенях подвижности на пары сил, не приводящих к взаимному влиянию степеней подвижности через статические моменты и динамические относительного движения. Существенное влияние на точность работы будут оказывать упругие деформации звеньев при их большой длине. Предложена методика компенсации этих деформаций на основе анализа положения манипуляторов и силового взаимодействия между ними.

**Ключевые слова: роботизированная обработка, крупногабаритные изделия, манипуляционная исполнительная система, исполнительное устройство, взаимовлияние, компенсация, упругие деформации**

# CREATION OF EXECUTIVE SYSTEMS OF ROBOTS FOR PROCESSING OF LARGE-SIZE OBJECTS

**Umnov V.P.**

*The Federal State budgetary educational institution of higher professional education «The Vladimir State University named after Alexander Grigorievich and Nikolai Grigorievich Stoletovs» (VlSU), Vladimir, e-mail: mex-rob@yandex.ru*

One of the relevant tasks facing developers of robotic systems is creation of the complexes capable to process objects of big dimensions, including in field conditions. The generalized handling functions realized in system and the sequence of her integration are considered. The system has to meet the following requirements: optimum number of manipulators; a minimum of size of the consumed energy; ensuring necessary accuracy with a considerable length of links; a possibility of processing of objects in the conditions of uncertainty of their geometrical form and situation; performance of complex technological operations from one position; transportability. The structure of handling executive system with a control system is offered. The handling system consists of two manipulators. The coordinate manipulator possesses three degrees of mobility and on his output link the production manipulator with five degrees of mobility which is carrying out working operations by the replaceable tool is placed. Parameters of manipulators, conditions of their joint or separate work will exert considerable impact on quality of the movement and performance of operation. In executive kinematic chains with rotary the couples fifth class the specified compensation can be realized due to introduction of the additional holding communications which in combination with the main links allow to spread out the jet moments in mobility degrees to pairs of forces which aren't leading to mutual influence of degrees of mobility through the static moments and dynamic the relative movement. Significant effect on the accuracy of work will be had by elastic deformations of links with their big length. The technique of compensation of these deformations on the basis of the analysis of position of manipulators and power interaction between them is offered.

**Keywords: robotic processing, large-size products, handling executive system, actuation mechanism, interference, compensation, elastic deformations**

Одним из направлений совершенствования современных производственных технологий является создание процессов выполнения гибридных операций одним техническим устройством [1]. При обработке роботами крупных объектов потребуется выполнять разнотипные операции, такие как очистка поверхности, резка, сварка, механическая обработка или обработка направленным потоком энергии, например лазерным лучом.

Роботы могут являться основным рабочим инструментом при гибридной обработке крупногабаритных объектов (резервуаров, корпусов судов, гребных винтов больших размеров и т.д.), включающей очистку поверхности, сварку и механическую обработку при ремонте или изготовле-

нии с использованием концентрированных потоков энергии сжатой жидкости или лазерного излучения.

Цель работы – решение ряда вопросов построения исполнительной системы, предназначенной для работы с объектами больших габаритов.

На рис. 1 приведены обобщенные манипуляционные функции, реализуемые в рассматриваемой манипуляционной системе в зависимости от выполняемых операций и реализуемых перемещений.

Из анализа обобщенных манипуляционных функций, реализуемых в манипуляционной системе, следует, что она должна представлять собой совокупность исполнительных устройств (манипуляторов), параметры которых должны определяться функциональным и кинематическим комплексированием, последовательность которого приведена на рис. 2.

При этом система должна удовлетворять требованиям, основными из которых являются:

– оптимальное число манипуляторов;

– минимум величины потребляемой энергии;

– обеспечение необходимой точности при значительной длине звеньев;

– возможность обработки объектов в условиях неопределенности их геометрической формы и положения;

– выполнение комплексных технологических операций с одной позиции;

– транспортабельность.

На рис. 3 представлена структурная схема манипуляционной исполнительной системы робота, отражающая ее состав.

Предлагается манипуляционную исполнительную систему робота выполнять в виде последовательно соединенных координатного манипулятора (м1) и производственного (м2). М1 может осуществлять перестановку М2 с фиксацией на объекте отработки или может выполнять рабочие операции совместно с М1. Общая длина манипуляторов может быть более 10 м.

На рис. 4 приведена кинематическая структура предлагаемой манипуляционной исполнительной системы. Здесь обозначены $\varphi_i$ – вращательные степени подвижности, а $S_i$ – поступательные степени подвижности. Транспортный манипулятор имеет 3 степени подвижности, необходимых и достаточных для перемещения технологического манипулятора в заданную точку рабочей зоны, а технологический манипулятор обладает 6 степенями подвижности для обеспечения необходимой маневренности при выполнении разнообразных операций. Структурный синтез такой системы может быть выполнен по методике, изложенной в работе [2].

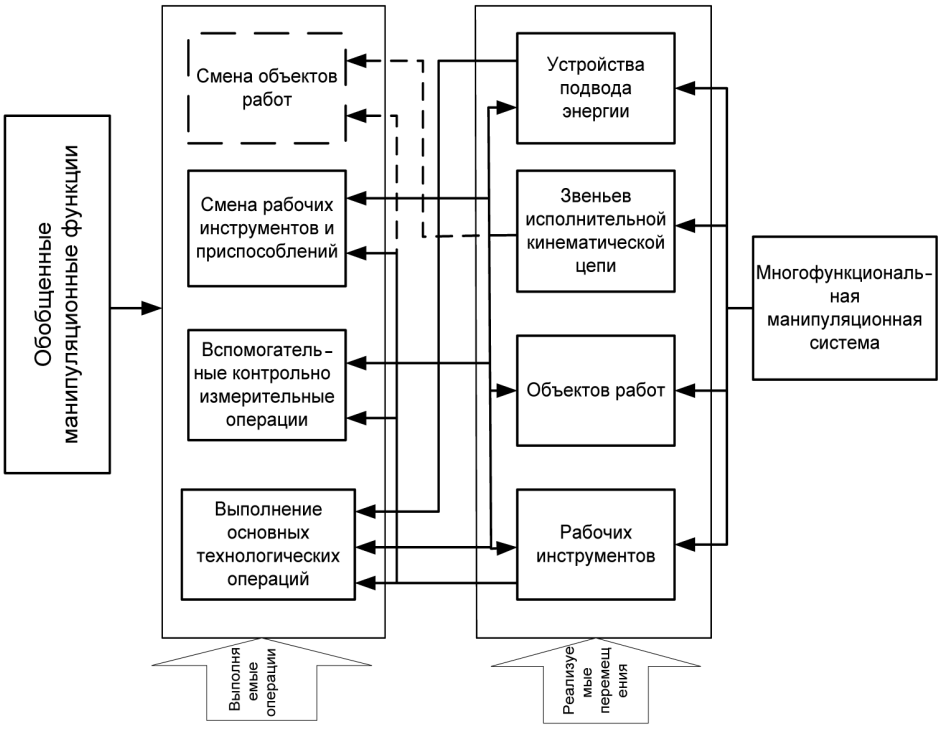



*Рис. 1. Обобщенные манипуляционные функции, реализуемые в манипуляционной системе*

*Рис. 2. Последовательность комплексирования манипуляционной системы*

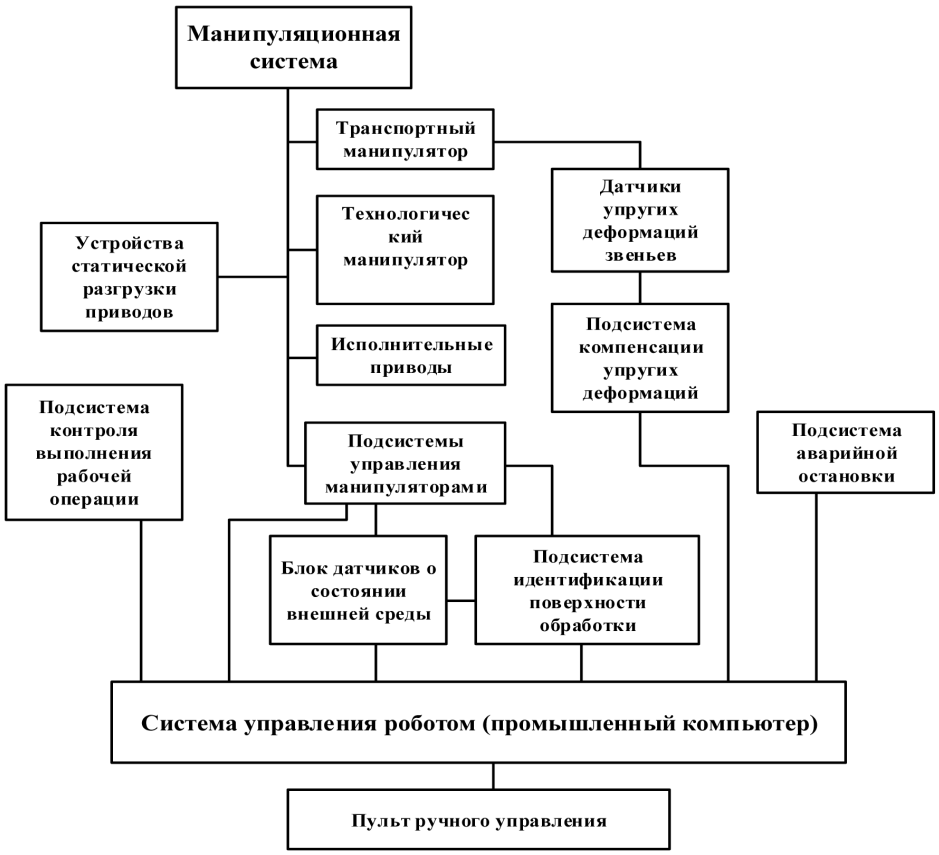



*Рис. 3. Структурная схема манипуляционной исполнительной системы робота*

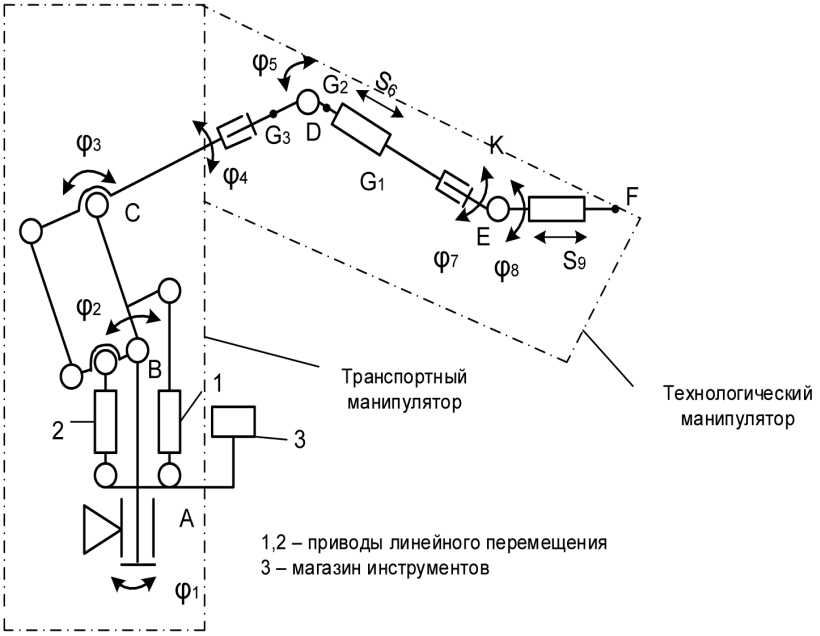



*Рис. 4. Кинематическая структура манипуляционной исполнительной системы для обработки крупногабаритных объектов*

При большой длине предлагаемой кинематической цепи на приводы будут действовать значительные статические нагрузки и проявляться сильное взаимовлияние звеньев. Поэтому манипуляционную систему необходимо оснастить устройствами статической разгрузки приводов с возможностью уменьшения взаимовлияния звеньев. В робототехнике статическая разгрузка, описанная в работе [3], осуществляется с использованием систем специальных механических устройств или устройств, использующих сжатую рабочую среду (воздух или жидкость).

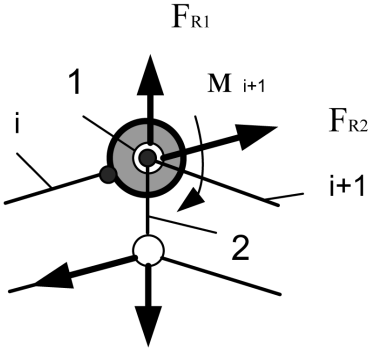



*Рис. 5. Схема моментной разгрузки приводов*

В предлагаемой манипуляционной системе разгрузку приводов вращательных степеней подвижности целесообразно осуществлять по схеме, приведенной на рис. 5. Здесь момент нагрузки $M_{i+1}$, действующей на привод перемещения $i+1$-го звена с помощью дополнительных удерживающих связей, образующих параллелограммные механизмы, раскладываются на составляющие усилия $F_{R1}$ и $F_{R2}$. Усилия $F_{R1}$ воспринимаются стержнем 2 и взаимно компенсируются, а усилия $F_{R2}$ действуют вдоль стержней звена *i* без образования реактивного момента. Привод 1 должен быть снабжен синусно-косинусным механизмом статической разгрузки, предложенном в патенте [4].

Точность работы системы манипуляторов М1 и М2 во многом зависит от жесткости механической системы, которая определяет величины деформации от действия статических и динамических нагрузок. Поэтому необходима подсистема компенсации упругих деформаций. Если собственная статическая деформация М1 может быть скомпенсирована программно, то влияние параметров движения М2 требует введения дополнительной коррекции. Считая, что звенья М2 являются жесткими положение рабочей точки инструмента (т. С) в инерциальной системе отсчета, располагаемой на основании М1 в точке О, без учета податливости манипулятора М1 можно определить с помощью однородных матриц, предлагаемых в работе [5]:

$$T_o^c(q_n, q_m) = T_o^A(q_n) \cdot T_A^c(q_m), \qquad (1)$$

где А – точка соединения М1 и М2; $q_n(n=\overline{1,k})$, $q_m(m=\overline{k+1,l})$ – обобщенные

координаты М1 и М2. С учетом пространственной ориентации рабочего инструмента зависимость (5) можно записать в виде

$$T_o^A(q_n)T_A^B(q_m) = T_B^{-1C}(X_c)\cdot T_o^c(q_n, q_m), \quad (2)$$

где $T_B^C = \begin{vmatrix} E & Xc \\ 0 & 1 \end{vmatrix}$; $X_c$ – вектор направления рабочего инструмента. В случае деформируемого М1 выражение (6) можно свести к виду

$$T_0^A(q_n)T_A^{A'}(Y)T_{A'}^{B'}(q_m) = T_{B'}^{-1C'}(X_{c'})T_0^{C'}(q_n, Y, q_m). \quad (3)$$

Здесь $Y$ – вектор размером 6×1 линейных и угловых деформаций М1 для точки А, $T_A^{A'}(Y)$ – матрица координатных преобразований. Анализ выражений (6) и (7) показывает, что для определения величин компенсации деформаций кинематических цепей М1 и М2 следует решать обратную задачу для точек в координатах манипулятора М2 из матричных зависимостей для приращений координат $\Delta q_m$

$$T_{A'}^B(q_m + \Delta q_m) = T^{-1}{}_A^{A'}(Y)T_A^B(q_m). \quad (4)$$

В то же время определение указанных выше приращений $\Delta q_m$ по выражению (8) при невырожденной матрице $T_{A'}^B(q_m)$ следует считать нерациональным из-за сложной процедуры вычисления параметров $Y$. Более эффективно решать поставленную задачу, учитывая силомоментное взаимодействие между М1 и М2. Тогда можно воспользоваться зависимостью

$$Y = \Phi_A(q_n)\cdot F_A. \quad (5)$$

Здесь $\Phi_A(q_n)$ матрица обратной податливости М1 для точки А; $F_A$ – вектор сил и моментов взаимодействия М1 и М2 размером 6×1.

Величины, входящие в матрицу $\Phi_A(q_n)$, можно найти для произвольных положений манипулятора М1 с использованием уравнений статики рекурентно, а параметры $F_A$ можно измерить с помощью датчиков или вычислить как реактивные составляющие в процессе движения манипулятора М2. Определение параметров вектора $F_A$ путем измерения многокомпонентным датчиком с необходимой фильтрацией обладает большим быстродействием и точностью. Ввиду нелинейного характера определения $\Delta q_m$ и положительности компенсирующей связи в системе возможно возникновение низкочастотных периодических режимов, что требует соответствующей коррекции. Если лазер-робот является универсальным, то М2 может обладать сменным инструментом и выполнять операции при наложенных связях и силовых воздействиях. При действии обобщенной силы $Fc$ в рабочем инструменте и позиционном управлении необходимые моменты в сочленениях М2 с учетом компенсации деформаций определяются выражением

$$\tau_{TEM} = (q_{3m} - q_m + \Delta q_m)A_1(p) + J_{TEM}^T F_C. \quad (6)$$

Назначение и структура остальных подсистем, приведенных на рис. 3, очевидны.

## Выводы

1. Предложена структура и кинематическая схема манипуляционной исполнительной системы робота для обработки крупногабаритных объектов, включающая два последовательно соединенных манипулятора.

2. Для уменьшения взаимовлияния звеньев и нагрузок на приводы предложена схема моментной разгрузки.

3. Предложено решение задачи компенсации упругих деформаций звеньев на основе вычисления матриц податливости или измерения вектора взаимодействия между манипуляторами.

## Список литературы

1. Макаров В.М. Комплексированные обрабатывающие системы / В.М. Макаров // Ритм. – 2011. – № 6 (64). – С. 20–23.

2. Смелягин А.И. Структурный синтез роботов и манипуляторов / А.И. Смелягин // Вестник научно-технического развития. – 2010. – № 6 (34). – С. 27–30.

3. Корендясев А.И. Манипуляционные системы роботов / А.И. Корендясев, Б.Л. Саламандра, Л.И. Тывес [и др.]. – М.: Машиностроение, 1989. – 472 с.

4. Патент РФ № 2012115035 / 11, 16.04.2012. Умнов В.П., Гольцова Е.А., Молостов С.В., Власенков А.В., Соколов Н.Н., Попков А.А. Устройство для уравновешивания моментов в поворотных механизмах // Патент России № 2496037. 2013. Бюл. № 29.

5. Борисов О.И., Громов В.С., Пыркин А.А. Методы управления робото-техническими приложениями: учебное пособие. – СПб.: Университет ИТМО, 2016. – 108 с.

УДК 004.8

# ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНАЯ СИСТЕМА ДИАГНОСТИКИ СОСТОЯНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ПРИВОДА АВТОМАТА ОТРЕЗКИ ТРУБ И ОБТОЧКИ ФАСОК

**Хазиев Э.Л., Хазиев М.Л.**

*ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Набережночелнинский институт (филиал), Набережные Челны, e-mail: emilius@yandex.ru*

Представленная работа относится к направлению автоматизации промышленных производственных систем, в которых применяются гидравлические приводы. Предложенное техническое решение позволяет оптимизировать процесс управления элементами гидравлического привода, что влечет повышение энергетической эффективности, а также позволяет диагностировать состояние гидравлической системы промышленного станка. Развитие современного машиностроения уже немыслимо без технологических аспектов цифрового производства. Это касается не только проектирования промышленных продуктов и производств, автоматизации и оптимизации производственных процессов, но и внедрения интеллектуальных решений для промышленности. Наиболее перспективные из них: промышленная робототехника, системы контроля качества производства получаемых изделий, программно-аппаратный мониторинг производственных систем в режиме реального времени и industrial Internet (включая сенсоры, машинное зрение, системы распознавания, глубокое машинное обучение и соответствующее программное обеспечение). Для обеспечения реактивности процесса диагностики состояния гидравлического привода, помимо аппаратной части системы, необходима аналитическая программная экспертная интеллектуальная система. Подобные задачи ранее не рассматривались для промышленных производственных подсистем, использовалась только теория надежности для расчета вероятности выхода из строя того или иного элемента гидравлической системы. В качестве методов работы с задачами по выявлению неопределенностей могут использоваться байесовский вероятностный подход, коэффициенты уверенности или нечеткая логика. Подобные доопределяющие экспертные интеллектуальные системы могут использовать для формирования решения несколько источников знаний. В этом случае могут использоваться эвристические приемы выбора единиц знаний из их конфликтного набора, например, на основе использования приоритетов важности, или получаемой степени определенности результата, или значений функций предпочтений и т.д.

**Ключевые слова: диагностика, интеллектуальная система, интеллектуальный датчик, гидравлический привод**

# INTELLIGENT DIAGNOSTIC SYSTEM FOR HYDRAULIC DRIVE MACHINE TUBE CUTTING AND GRINDING OF CHAMFERS

**Khaziev E.L., Khaziev M.L.**

*Federal State Autonomous Educational Institution of higher education Kazan (Volga region) Federal University, Naberezhnye Chelny Institute (branch office), Naberezhnye Chelny, e-mail: emilius@yandex.ru*

The presented work refers to the direction of automation of industrial production systems, which use hydraulic drives. The proposed technical solution allows to optimize the control process of hydraulic drive elements, which leads to an increase in energy efficiency, and also allows to diagnose the condition of the hydraulic system of the industrial machine. The development of modern engineering is unthinkable without the technological aspects of digital production. This applies not only to the design of industrial products and production, automation and optimization of production processes, but also the introduction of intelligent solutions for the industry. The most promising of them are: industrial robotics, quality control systems for the production of products, software and hardware monitoring of production systems in real time, and industrial Internet (including sensors, machine vision, recognition systems, deep machine learning and appropriate software). To ensure the reactivity of the process of diagnosing the state of the hydraulic drive, in addition to the hardware of the system, an analytical software expert intelligent system is necessary. Such problems have not been previously considered for industrial production subsystems, used only the theory of reliability to calculate the probability of failure of a particular element of the hydraulic system. As working methods with the task of identifying uncertainties that could be used Bayesian probabilistic approach, the coefficients of confidence or fuzzy logic. Such additional expert intelligent systems can use several sources of knowledge to form a solution. In this case, heuristic methods of choosing knowledge units from their conflict set can be used, for example, based on the use of importance priorities, or the degree of certainty of the result obtained, or the values of preference functions, etc.

**Keywords: diagnostics, intelligent system, intelligent sensor, hydraulic drive**

Гидравлические системы относятся к силовым подсистемам различных технологических комплексов, станков, роботов и мобильных машин. К ним предъявляются высокие требования по точности позиционирования, надежности и долговечности работы. Внезапный отказ, поломка любого элемента гидравлического привода зачастую приводят к длительному останову и ремонту технологической установки. Классические аналоговые датчики и измерительные системы не позволяют заранее диагностировать работу привода по регистрируемым данным, показывающим анормальность дальнейшего функционирования, без обращения к ним экспертного

персонала. Диагностика же таких типов приводов обычно сводится к периодическим регламентным работам. Поэтому существует необходимость разработки интеллектуальных датчиков для гидравлических систем, которые смогут обладать гибким набором функциональных возможностей и работать с учётом набора влияющих факторов.

Цель исследования: основными целями практической разработки является диагностика элементов гидравлического привода станка в режиме реального времени, имеющего большое количество гидравлических компонентов и мощную насосную станцию, а также оптимизация процесса управления элементами гидравлического привода. Данные цели могут быть достигнуты с помощью аппаратно-программной, доопределяющей экспертной системы. Подобная система содержит интеллектуальные датчики, программный модуль на основе нечеткой логики и расчетный модуль, вычисляющий дифференциальные уравнения состояния элементов или комплексные выражения, для определения характеристик, например, потока рабочей жидкости в отдельно взятом участке трубопровода. Расчет дифференциальных уравнений состояния в частных производных или комплексных выражениях необходимо выстраивать по соответствующим деревьям-графам, что требует дополнительной аппаратно-вычислительной платформы.

## Материалы и методы исследования

В некоторых областях техники успешно апробированы подобные интеллектуальные сенсоры (датчики), которые описаны набором стандартов IEEE 1451 [1, 2], для которых также существуют протоколы связи IEEE 1451 [3, 4].

Интеллектуальный датчик может выдавать более точные показания благодаря применению числовых вычислений для компенсации нелинейности чувствительного элемента или температурной зависимости. Такой датчик способен работать с большей разновидностью различных типов чувствительных элементов, а также комбинировать два или более измерений в одно новое измерение. И, наконец, интеллектуальный датчик позволяет производить настройку на другие диапазоны измерений или полуавтоматическую калибровку, а также осуществлять функции внутренней самодиагностики, что упрощает техническое обслуживание. Наряду с усовершенствованием работы, дополнительные функциональные возможности интеллектуальных устройств снижают размерность обработки сигналов системой управления и приводят к тому, что несколько разных приборов заменяются прибором одной модели, что даёт преимущество как в самом производстве, так и в стоимости обслуживания [5].

Распространённые методы преобразования избыточного давления основаны на использовании резистивного тензомоста, выполненного по технологии «кремний на сапфире». С целью снижения погрешности работы, обусловленной физическими особенностями тензомоста, использовались способы коррекции ошибок аналогового типа. В настоящее время, благодаря наличию многокристалльных микропроцессоров с малым энергопотреблением, встроенными прецизионными аналогово-цифровыми преобразователями и энергонезависимой памятью EEPROM для хранения данных, ведущие фирмы-разработчики перешли от аналоговых способов коррекции ошибок и погрешности к цифровым методам. Такие датчики получили название интеллектуальных.

На рис. 1 представлена структурная схема интеллектуального датчика гидравлической системы промышленных станков. Такой датчик способен работать в автономном режиме и предназначен для одновременного измерения расхода на конкретном участке гидравлической линии, избыточного давления и температуры. С помощью интеллектуального датчика, измеряемые данные могут регистрироваться в информационных системах сбора, обработки, вывода и архивирования информации, а также служат для автоматического изменения параметров в программной части системы управления. Это, в свою очередь, улучшает энергетическую эффективность работы гидропривода в целом.

Основные аппаратные элементы датчика – блок преобразования и микропроцессорный блок. Блок преобразования сигнала представляет собой набор электронных микросхем первичных преобразователей сигналов. Микропроцессорный блок (аппаратный блок управления) включает в себя микроконтроллер, твердотельную память EEPROM, аналого-цифровой преобразователь, цифро-аналоговый преобразователь, интерфейсы (USB, RS232) для взаимодействия с системой конфигурирования и информационно-измерительной системой.

Микропроцессорный блок управляется специальным программным обеспечением. Эта управляющая программа поставляется разработчиком блока управления и одинакова для всех экземпляров на основе одной архитектуры микроконтроллера. Различные типы архитектур микроконтроллера накладывают свои особенности организации и работы с памятью EEPROM, а также системой ввода-вывода в данной архитектуре микроконтроллера.

Программное обеспечение имеет три режима работы – «режим измерения», «режим конфигурирования», которые в принципе являются базовыми для работы всех типов интеллектуальных датчиков, и «интеллектуальный режим». Основным режимом работы датчика является измерительный режим. В этом режиме программа учета измерения работает по заданным интеллектуальному датчику параметрам: количество и типы используемых каналов, типы используемых преобразователей, их характеристик и настроек, основного уравнения преобразования датчика и иных возможных сконфигурированных функций датчика. Эти параметры задаются для интеллектуального датчика в режиме конфигурирования. В датчик «вшиваются» параметры конфигурации, описывающие функциональные задачи, параметры и характеристики датчика. Блок параметров конфигурации формируется и записывается с помощью системы конфигурирования интеллектуальных датчиков.

Работа с блоком параметров конфигурации программного обеспечения может осуществляться тремя способами.

*Рис. 1. Структурная схема диагностирующего интеллектуального датчика гидравлической системы*

Первый способ – использование специальной среды проектирования и блочного языка программирования. При этом программа с параметрами на выходе хорошо структурирована и оптимизирована.

Второй способ – расчет необходимых параметров по некоторому набору дифференциальных уравнений, описывающих предполагаемое поведение измеряемого параметра, работу гидравлических узлов аппаратной части системы, и параметров используемой в гидравлической системе рабочей среды (вычисление вязкости по измеряемой температуре и определение загрязненности рабочей жидкости). Этот способ позволяет оптимизировать работу системы за счет выстраивания предположений о возможном характере действия всех задействованных элементов, однако он требует дополнительной вычислительной площадки – отдельного компьютера или группы компьютеров и подготовленного специалиста.

Третий способ – использование уже готовых версий программ с параметрами работы для разных архитектур микропроцессоров. Последний способ предоставляют сами фирмы-разработчики микропроцессорных элементов.

Интеллектуальная система диагностики гидравлической системы станка должна включать, помимо аппаратной части – интеллектуального датчика и способов работы с ним, еще и программное обеспечение экспертного уровня. Данная программа работы по классификации относится к классу доопределяющих экспертных систем. Для таких систем известны некоторые проблемные вопросы, которые возможно решить, используя нечеткую логику, либо математический подход условной вероятности, либо применяя теорию коэффициентов уверенности. Это такие вопросы, как интерпретация данных – выбор решения из фиксированного множества альтернатив на базе введенной информации о текущей ситуации; основное назначение – определение сущности рассматриваемой ситуации, выбор гипотез, исходя их фактов; диагностика – выявление причин, приведших к возникновению ситуации, при этом требуется предварительная интерпретация ситуации с последующей проверкой дополнительных фактов; коррекция – диагностика, дополненная возможностью оценки и рекомендации действий по исправлению отклонений от нормального состояния рассматриваемых ситуаций.

На рис. 2 показаны элементы интеллектуальной системы диагностики гидравлической системы станка и ее участие в общей системе управления. Данная система функционирует на основе правил, формирование которых строится на базе двух составляющих нечеткой логики и расчета рабочих коэффициентов элементов привода по динамическим дифференциальным уравнениям состояния.

Нечеткий тип диагностирования состояния – это способ аппроксимации данных полученных в результате опыта или знаний экспертов [6].

Главный элемент интеллектуальной системы диагностики состояния гидравлического привода – это нечеткий контроллер, который формирует правила, заполняет базу знаний типовых случаев произошедших событий и случаев аварийного или экстремального состояния работы гидравлической системы. Также он способен принимать решения о целесообразности изменения программы работы гидропривода, если он включен в CAM-систему или ЧПУ [7]. В случае если нечеткий контроллер не может влиять на работу программы, то существует вариант вывода диагностирующей информации на консоль оператора SCADA или в виде кодовой рабочей информации в шестнадцатеричном формате.

Нечеткий контроллер работает на основе лингвистических переменных, которые, в свою очередь, привязаны к реальным точным значениям измеряемых показателей в гидравлической системе. То есть, например, для работы нечеткого регулятора в отношении контроля за силовыми гидравлическими двигателями, в качестве определяющих лингвистических переменных могут выступать переменные давления, расхода и температуры.

$$< P, Q, T, U, Stx, Sem >, \qquad (1)$$

где $P$ – давление рабочей жидкости; $Q$ – расход рабочей жидкости; $T$ – температура рабочей жидкости; $U$ – базовое множество диапазона значений каждого из параметров; $FL(x)$ – нечеткие метки; $Stx(x)$ – синтаксические правила формирования команд управления; $Sem(x)$ – семантические множества, показывающие отношения лингвистических переменных друг на друга.

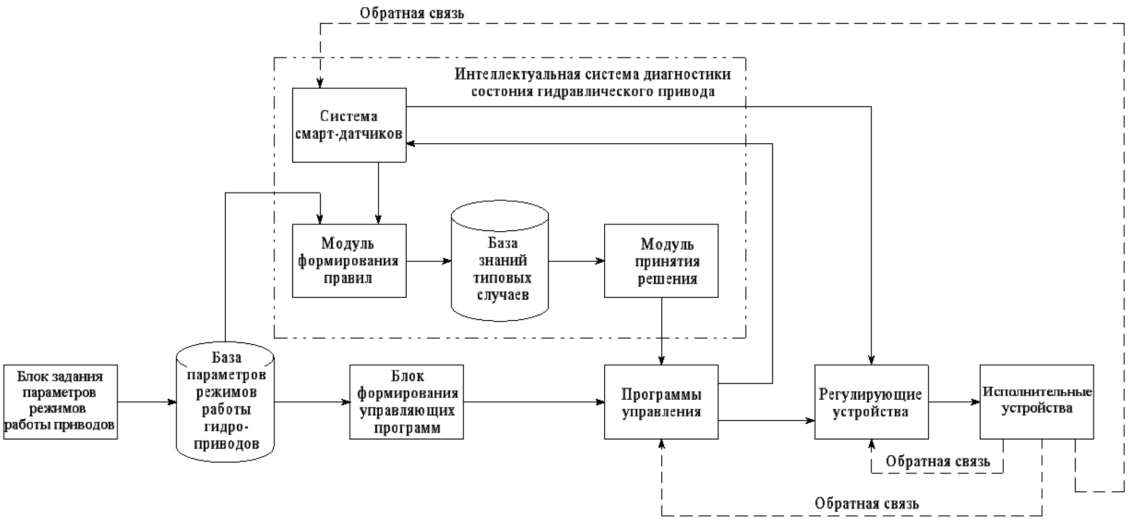



*Рис. 2. Интеллектуальная система диагностики гидравлического привода станка и ее роль в общей системе управления*

Базовые множества значений параметров возможно связать при помощи функций принадлежности. Причем для одних элементов гидропривода лучше применять треугольные функции принадлежности, для вторых симметричные гауссовы функции принадлежности, а для третьих – сигмоиды [6].

Для такой сложной динамической системы как гидравлический привод, экспертная система анализа и диагностики, на основе только нечетких правил, может работать с ограниченным функционалом и не определять глубинное течение процессов в системе, например, сложно корректировать функции принадлежности и разные множества базовых параметров. Поэтому для большей информативности и корректности диагностирования возможно применение нейронно-нечетких сетей, которые будут работать на уровне блока принятия решений (рис. 2).

Работа такой сети будет отличаться от базового нечеткого подхода тем, что система сама сможет расставлять нечеткие метки для ранее не фиксированных параметров. Причем такую метку можно поставить при помощи линейной функции от входящих признаков параметров: $X = (x_1, x_2, ...x_n)$. По линейной функции

$$sign\left(w_0 + w_1x_1 + w_2x_2 ... + w_nx_n\right) \qquad (2)$$

можно определить веса $w_0, w_1, ...w_n \in R^n$, которые, в сущности, представляют собой скалярный вектор $W$, соответственно, если за $w_0$ принять единицу, то всю сумму векторов можно считать скалярным произведением. Так же необходимо определить функцию ошибки:

$$\varepsilon\left(W\right) = -\sum_{x \in N} y\left(x\right)\left(W \mid X\right), \qquad (3)$$

где $N$ – множество ошибочных входных данных не прошедших классификацию; $y(x)$ – верное решение.

Теперь возможно начать обучение нейронно-нечеткой сети для каждого элемента входного множества, каждый шаг обучения будет выглядеть так:

$$W^{h+1} = W^h - \eta\nabla_W \varepsilon\left(W\right) = W^h + \eta t_n x_n. \qquad (4)$$

В качестве функции активации (передаточной функции) лучше всего подходит использование логического сигмоида:

$$\sigma\left(x\right) = \frac{1}{1+e^{-x}}. \qquad (5)$$

Благодаря использованию сигмоида в качестве функции активации возможно использовать логическую регрессию, а значит, классифицировать выходные данные и ввести вероятность их появления.

Таким образом, программный нечеткий контроллер для диагностики гидравлической системы станка может работать на основании двух близких подходах: нечетком выводе или нейронно-нечетком обучении.

В общем виде работу предлагаемой системы можно описать в 3 этапа:

1. Регистрирование – первоначальный полный цикл работы привода и задействование всех его элементов, производятся замеры, фаззификация, построение циклограмм и графиков работы элементов привода.

2. Проведение автоматических расчетов состояния, сравнение полученных данных с эталонами работы участков привода, также выявление участков циклограмм и построенных графических характеристик на вопрос внесения изменений в управление.

3. Внесение коррекции в работу элементов или информирование оператора.

Таким образом, в результате работы интеллектуальной системы диагностики происходит оптимизация работы гидравлической системы станка.

## Результаты исследования и их обсуждение

Основываясь на опыте разработки аппаратных элементов, методах регулирования, спецификациях IEEE серии 1451 и интегрированной системы проектирования LabVIEW компании National Instruments, был разработан опытный образец интеллектуального датчика и разработан интеллектуальный программный модуль диагностики гидравлической системы автомата отрезки труб и обточки фасок.

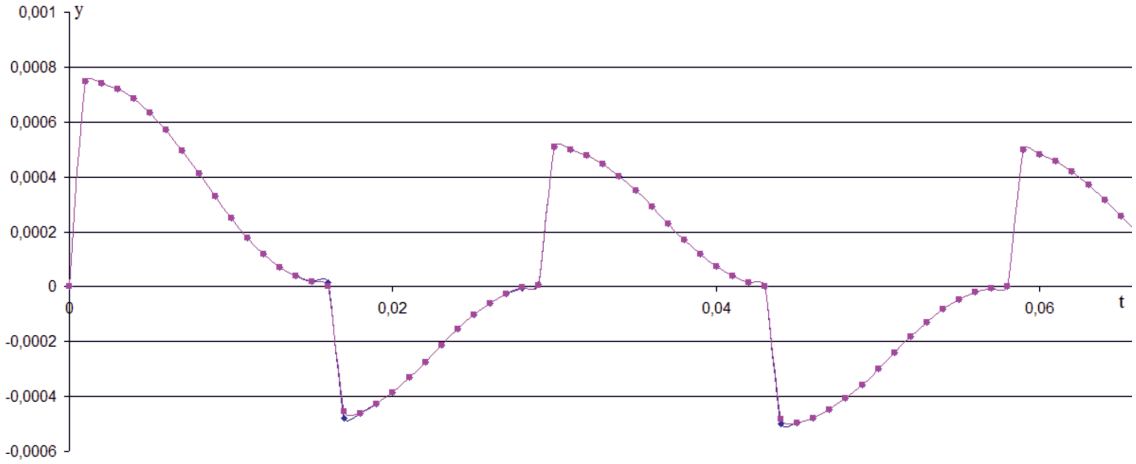



*Рис. 3. Фрагмент работы перемещения золотника гидравлического распределителя автоколебательного гидропривода*

На рис. 3 представлен пример результата работы интеллектуальной системы в вопросе оптимизации управления. На нем представлен фрагмент работы перемещения золотника гидравлического распределителя привода подачи станка-автомата отрезки труб и обточки фасок. Как видно, данный привод, по характеру перемещения золотника распределителя, работает в автоколебательном режиме. Для гидравлического двигателя, управляемого этим распределителем, данная характеристика будет представлять собой смещенную синусоиду. Также на характеристике видны участки сокращения времени перехода от одного крайнего положения золотника до другого. Подобная оптимизация была достигнута исключительно применением связки интеллектуальных датчиков и программного модуля нечеткого анализа. Кроме того, такое решение можно использовать в пневмогидравлических системах торможения «по времени» и «по пути».

## Выводы

Предлагаемая система диагностики работы гидравлической системы станка-автомата отрезки труб и обточки фасок, с применением интеллектуальных датчиков и интеллектуальной системы анализа физических данных элементов привода и рабочей среды, на основе нечеткой логики, расчетного модуля дифференциальных уравнений состояния в частных производных или нейронной сети данных, позволяет диагностировать и оптимизировать работу гидравлического привода подобного типа станков.

## Список литературы

1. IEEE 1451.2-1997 IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators – Transducer to Microprocessor Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats. URL: http://standards.ieee.org/findstds/standard/1451.2-1997.html (date of the application: 21.06.2018).

2. IEEE 1451.1-1999 IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators – Network Capable Application Processor Information Model. URL: http://standards.ieee.org/findstds/standard/1451.1-1999.html (date of the application: 21.06.2018).

3. IEEE 1451.3-2003 IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Digital Communication and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats for Distributed Multidrop Systems. URL: http://standards.ieee.org/findstds/standard/1451.3-2003.html (date of the application: 21.06.2018).

4. IEEE 1451.4-2004 Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators – Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats. URL: http://standards.ieee.org/findstds/standard/1451.4-2004.html (date of the application: 21.06.2018).

5. Раннев Г.Г. Интеллектуальные средства измерений: учебник для студ.высш. учеб. заведений / Г. Г. Раннев. – М.: Издательский центр «Академия», 2010 – 272 с.

6. Хазиев Э.Л., Хазиев М.Л. Система управления пневматическим роботом на основе нечеткой логики // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 3–1. – С. 74–78.

7. Хазиев Э.Л., Хазиев М.Л. Нечеткое управление пневмоприводом подачи фрезерно-расточного станка с применением спецификации XML // Современные наукоемкие технологии. – 2016. – № 9–1. – С. 84–88.

УДК 004.9:534.1

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ДИНАМИКИ УСТАНОВКИ, ИЗВЛЕКАЮЩЕЙ СВАИ ИЗ ДОННОГО ГРУНТА

**Черников А.В.**

*ФГБОУ ВО «Пермский государственный национальный исследовательский университет», Пермь, e-mail: arsenyperm@mail.ru*

В статье предлагается принципиальная схема и математическая модель установки по извлечению свай из донного грунта, находящейся на поверхности спокойной воды, где отсутствуют колебательные процессы поверхности воды. В статье приведена принципиально новая схема установки и принцип ее действия, где применяется артиллерийское орудие в качестве устройства для извлечения свай из донного грунта. В качестве извлекающей установки берется устаревшее артиллерийское орудие – пушка М-46/М-47. В качестве платформы, на которой находится артиллерийское орудие, – стандартный армейский понтон, в котором сделано специальное отверстие в центре. Построена математическая модель для данной установки с учетом ряда допущений. В модели учтены силы, вносящие вклад в замедление движения понтона, артиллерийского орудия, сваи. На основе математической модели проведен ряд численных экспериментов и несколько из них представлены в работе. На основе полученных данных из численных экспериментов проведен анализ поведения установки при отсутствии внешних источников колебания. Также в статье описаны основные требования по использованию данной установки: некоторые возможные варианты размеров сваи, которые установка позволяет извлекать из грунта; варианты использования установки, при условии наличия понтонов других размеров и конфигураций.

**Ключевые слова: математическая модель, колебательная система, строительные системы, артиллерийское орудие, понтон**

# MATHEMATICAL MODEL OF BEHAVIOR OF THE INSTALLATION RECEIVING THE PILE FROM THE DENSE SOIL

**Chernikov A.V.**

*Federal State Budget Educational Institution of Higher Education Perm State University (National Research University), Perm, e-mail: arsenyperm@mail.ru*

The paper proposes a schematic diagram and a mathematical model of an installation for the extraction of piles from bottom soil located on the surface of calm water, where there are no vibrational processes of the water surface. The article shows a fundamentally new installation scheme and the principle of its operation, where an artillery gun is used as a device for extracting piles from bottom soil. As an extracting unit, an obsolete artillery cannon is used – the M-46 / M-47 cannon. As the platform on which the artillery gun is located is a standard army pontoon, in which a special hole is made in the center. A mathematical model for this installation has been constructed, taking into account a number of assumptions. The model takes into account the forces contributing to slowing down the movement of the pontoon, artillery gun, piles. Based on the mathematical model, a number of numerical experiments have been carried out and several of them are presented in the work. Based on the data obtained from numerical experiments, the behavior of the installation is analyzed in the absence of external oscillation sources. Also, the article describes the basic requirements for the use of this installation: some possible options for the dimensions of the pile, which the plant can extract from the ground; options for using the installation, provided that there are pontoons of other sizes and configurations.

**Keywords: mathematical model, oscillatory system, building systems, artillery gun, pontoon**

В строительстве, как на поверхности суши, так и на воде, иногда происходят ситуации, когда свая входит в грунт не вертикально, проникание сваи не соответствует требованиям СНИПов. В этих ситуациях, если возможно, устанавливается дублирующая свая, а первая спиливается. Принципиальная схема извлечения свай из грунта с твердой поверхности с помощью артиллерийских систем приведена в работах [1, 2]. Но этот процесс сложен в условиях строительства на воде. В результате чего или перерабатывается проект строительства и устанавливается новая свая, или проводится извлечение из грунта невертикальной сваи. Но извлечение довольно трудоемко, особенно если свая устанавливалась на глубине воды, большей, чем длина сваи. Поэтому разработка установки, которая позволила бы извлекать сваю из донного грунта на любой глубине, крайне важна.

Целью статьи является описание принципиальной схемы и математической модели установки, позволяющей извлекать сваи из донного грунта с понтона, находящегося на поверхности спокойной воды, то есть при отсутствии колебаний понтона.

### *Схема и принцип работы установки, извлекающей сваю из донного грунта*

На рис. 1 представлена схема установки, извлекающей сваю из донного грунта.

Принцип действия установки следующий: для извлечения сваи 2 из донного

грунта 1 необходимо изначально, чтобы ее высота была ниже уровня днища понтона 4. Поэтому первоначально при необходимости проводятся работы по уменьшению длины сваи 2, чтобы возможно было поместить понтон 4 над ней. Далее в свае 2 необходимо сделать закладные для крепления крепежного элемента 8 и установить его. После этого подводят понтон 4 так, чтобы свая 2 оказалась по центру отверстия 10 и закрепляют понтон 4 в таком положении. На следующем шаге скрепляют крепежный элемент 8 в свае 2 и крепежный элемент 11 в поршне 6 при помощи тросов 7. Далее производится выстрел из артиллерийского орудия 5 поршнем 6. Если свая выходит не полностью из грунта, то повторяют весь процесс, начиная с подготовительного этапа.

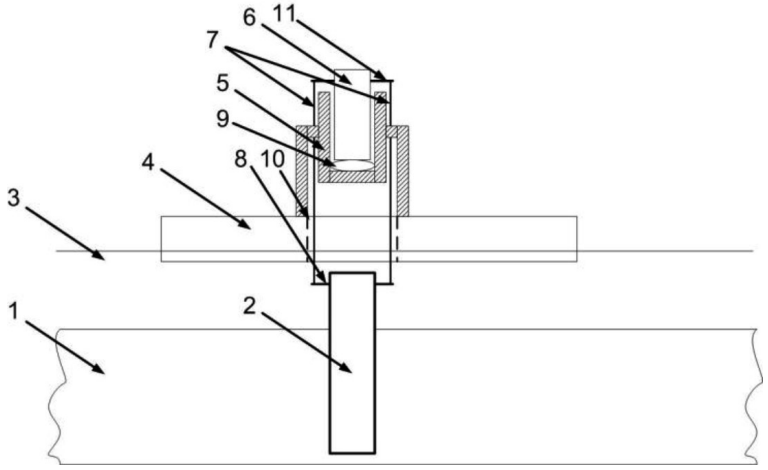



*Рис. 1. Принципиальная схема установки, извлекающей сваю из донного грунта, где 1 – донный грунт, 2 – свая, 3 – поверхность воды, 4 – понтон с отверстием в центре, 5 – артиллерийское орудие с креплением к понтону, 6 – поршень, 7 – трос, 8 – крепежный элемент в свае, 9 – камора с порохом, 10 – отверстие в понтоне, 11 – крепежный элемент в поршне*

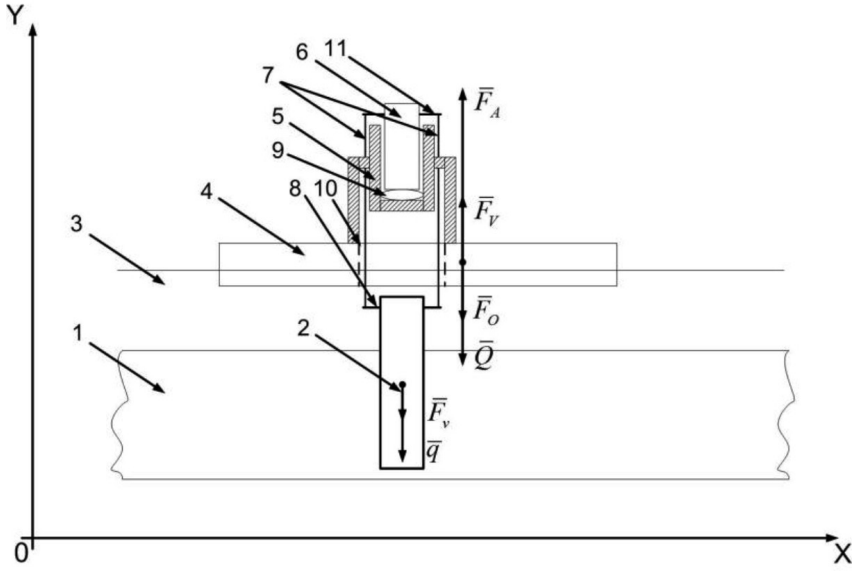



*Рис. 2. Схема положения системы в момент выстрела, где 1 – донный грунт, 2 – свая, 3 – поверхность воды, 4 – понтон с отверстием в центре, 5 – артиллерийское орудие с креплением к понтону, 6 – поршень, 7 – трос, 8 – крепежный элемент в свае, 9 – камора с порохом, 10 – отверстие в понтоне, 11 – крепежный элемент в поршне, $\overline{Q}$ – вес артиллерийского орудия с платформой, $\overline{F}_A$ – сила Архимеда, действующая на платформу, $\overline{F}_V$ – сила сопротивления движению платформы, $\overline{F}_o$ – сила отдачи артиллерийского орудия, $\overline{q}$ – вес строительного элемента, $\overline{F}_a$ – сила Архимеда, действующая на строительный элемент, $\overline{F}_v$ – сила сопротивления движению строительного элемента*

*Математическая модель извлечения сваи из донного грунта*

Первоначально необходимо определиться с основными допущениями. К допущениям, описанным в работе [3] для процесса погружения свай в донный грунт с помощью артиллерийского орудия, нужно добавить следующие:

1) крепежный элемент в поршне и свае – недеформируемое тело;

2) поршень – недеформируемое тело;

3) трос, соединяющий крепежные элементы – недеформируемое тело;

*4)* $m_1$ – масса поршня;

5) сила Архимеда, действующая на сваю мала по сравнению с другими силами;

6) свая погружена в донный грунт вертикально, допускаемое отклонение от вертикали – не более 5 град;

7) верхняя часть сваи находится на уровне с поверхностью воды.

Рассмотрим силы, действующие на систему «артиллерийское орудие – понтон – свая» в момент выстрела. На рис. 2 представлена схема установки с описанием сил, действующих на систему.

Для представленной схемы извлечения из грунта строительного элемента будем рассматривать, как и в работах [4, 5], пять этапов: первый этап – предварительный период выстрела; второй этап – первый период выстрела, движение поршня и сваи вверх и артиллерийского орудия с платформой вниз; третий этап – второй период выстрела, движение поршня и сваи вверх и артиллерийского орудия с платформой вниз; четвертый этап – движение поршня и сваи вверх; пятый этап – колебание артиллерийского орудия с платформой.

На первом этапе извлечения сваи из донного грунта уравнение для определения относительной части сгоревшего пороха будет иметь вид [6]:

$$\Psi_0 = \frac{\frac{1}{\Delta} - \frac{1}{\delta}}{\frac{f}{p_0} + \alpha - \frac{1}{\delta}}.$$

Для второго этапа погружения сваи система уравнений будет иметь вид

$$\frac{dp}{dt} = \frac{f\omega\Gamma\text{р} - \theta m v_a \frac{dv_a}{dt} - \theta(sa_1v^2 + sb_1 + c_1\pi dL_a)(v - V) - \theta(s\rho v^2 + \pi d\rho L_b v^2)(v - V)}{s(L_\Psi + L)}$$

$$- \frac{p(v - a_1\Gamma\text{р}) - \theta q(v - V)}{L_\Psi + L} - \frac{\theta MV\frac{dV}{dt} + \theta QV + \theta G(V, L_n)V}{s(L_\Psi + L)},$$

$$(m + m_1)\frac{dv}{dt} = (1 + \frac{m + m_1}{M})ps - (sa_1v^2 + sb_1 + c_1\pi dL_a) - (s\rho v^2 + \pi d\rho L_b v^2) - \frac{m + m_1}{M}G(V, L_n),$$

$$M\frac{dV}{dt} = ps + Q - G(V, L_n),$$

$$G(V, L_n) = \rho gB(AH_0 + \frac{Ay}{2}) + (2(A + B)(H_0 + y) + AB)\frac{\eta}{h_{p_1}}\dot{y},$$

$$\frac{dL}{dt} = v,\ \frac{dL_n}{dt} = V,\ \frac{d\Psi}{dt} = \Gamma\text{р},\ \Gamma = \frac{\chi}{I_n},\ H_0 = \frac{M}{AB\rho},$$

$$L_\Psi = \frac{W_0}{s}(1 - \frac{\Delta}{\delta} - \Delta(\alpha - \frac{1}{\delta})\Psi),$$

$$M\ddot{y} = -(2(A + B)(H_0 + y) + AB)\frac{\eta}{h_{p_1}}\dot{y} - \frac{AB\rho g}{2}y + ps,$$

$$M\ddot{x} = -\frac{\eta}{h_{p_2}}g(B(H_0 + y) + \frac{ABH_0}{y} + \frac{2H_0 + y}{2}A)\dot{x}.$$

Начальные условия для системы уравнений следующие: $p_{/t=0} = p_0$, $v_{/t=0} = 0$, $\Psi_{/t=0} = \Psi_0$, $L_{/t=0} = 0$, $L_{n/t=0} = 0$, $V_{/t=0} = 0$, $x_{/t=0} = 0$, $\dot{x}_{/t=0} = 0$, $y_{/t=0} = 0$, $\dot{y}_{/t=0} = 0$ – координаты точки положения системы до выстрела.

Для третьего этапа система уравнений будет следующая:

$$p = p_k \frac{(L_1 + L_k)^{1+\theta}}{(L_1 + L)^{1+\theta}},$$

$$(m + m_1)\frac{dv}{dt} = \left(1 + \frac{m + m_1}{M}\right)ps - (sa_1v^2 + sb_1 + c_1\pi dL_a) - (s\rho v^2 + \pi d\rho L_b v^2) - \frac{m + m_1}{M}G(V, L_n),$$

$$M\frac{dV}{dt} = ps + Q - G(V, L_n),$$

$$G(V, L_n) = \rho gB(AH_0 + \frac{Ay}{2}) + (2(A + B)(H_0 + y) + AB)\frac{\eta}{h_{p_1}}\dot{y},$$

$$\frac{dL}{dt} = v, \quad \frac{dL_n}{dt} = V, \quad L_{\Psi/\Psi=1} = L_1, \quad H_0 = \frac{M}{AB\rho},$$

$$M\ddot{y} = -(2(A + B)(H_0 + y) + AB)\frac{\eta}{h_{p_1}}\dot{y} - \frac{AB\rho g}{2}y + ps,$$

$$M\ddot{x} = -\frac{\eta}{h_{p_2}}g\left(B(H_0 + y) + \frac{ABH_0}{y} + \frac{2H_0 + y}{2}A\right)\dot{x}.$$

Начальными условиями для системы уравнений будут полученные значения переменных $p(t)$, $v(t)$, $V(t)$, $L(t)$, $L_n(t)$, $x(t)$, $\dot{x}(t)$, $y(t)$, $\dot{y}(t)$ решения системы уравнений в конце второго этапа.

Для четвертого этапа приведем следующие уравнения:

$$(m + m_1)\frac{dv}{dt} = -(sa_1v^2 + sb_1 + c_1\pi dL_a) - (s\rho v^2 + \pi d\rho L_b v^2) - \frac{m + m_1}{M}G(V, L_n),$$

$$M\frac{dV}{dt} = Q - G(V, L_n),$$

$$G(V, L_n) = \rho gB\left(AH_0 + \frac{Ay}{2}\right) + (2(A + B)(H_0 + y) + AB)\frac{\eta}{h_{p_1}}\dot{y},$$

$$\frac{dL_n}{dt} = V, \quad \frac{dL}{dt} = v, \quad H_0 = \frac{M}{AB\rho},$$

$$M\ddot{y} = -(2(A + B)(H_0 + y) + AB)\frac{\eta}{h_{p_1}}\dot{y} - \frac{AB\rho g}{2}y + ps,$$

$$M\ddot{x} = -\frac{\eta}{h_{p_2}}g(B(H_0 + y) + \frac{ABH_0}{y} + \frac{2H_0 + y}{2}A)\dot{x}.$$

Начальными условиями для системы уравнений будут полученные значения переменных $v(t)$, $V(t)$, $L(t)$, $L_n(t)$, $x(t)$, $\dot{x}(t)$, $y(t)$, $\dot{y}(t)$ решения системы уравнений в конце третьего этапа.

После выхода поршня из ствола артиллерийского орудия наступает пятый этап, при этом этапе платформа продолжает колебательное движение, описываемое задачей Коши:

$$M\ddot{y} = -(2(A+B)(H_0+y)+AB)\frac{\eta}{h_{p_1}}\dot{y} - \frac{AB\rho g}{2}y + ps\,,\ H_0 = \frac{M}{AB\rho},$$

$$M\ddot{x} = -\frac{\eta}{h_{p_2}}g(B(H_0+y)+\frac{ABH_0}{y}+\frac{2H_0+y}{2}A)\dot{x}\,.$$

Начальными условиями для системы уравнений будут $x(t_4)=x_4$, $\dot{x}(t_4)=\dot{x}_4$, $y(t_4)=y_4$, $\dot{y}(t_4)=\dot{y}_4$, где $t_4$ – время конца четвертого этапа, $x_4, \dot{x}_4, y_4, \dot{y}_4$ – значение соответствующих переменных в конце четвертого этапа.

Условные обозначения, принятые в системе уравнений: $\Psi_0$ – относительной части сгоревшего пороха до начала движения строительного элемента, $\Delta$ – плотность заряжания, $\delta$ – плотность пороха, $f$ – сила пороха, $p_0$ – давление форсирования строительного элемента, $p$ – давление в стволе, создаваемое пороховыми газами, $t$ – время прохождения процесса извлечения сваи, $\alpha$ – коволюм пороховых газов, $G(V, L_n)$ – общая сила тормозов отката, $s$ – площадь поперечного сечения ствола, $p_k$, $L_k$ – значения давления в канале ствола и пути строительного элемента к концу первого периода выстрела, $L$, $v$ – путь поршня (сваи) по каналу ствола и его скорость относительно канала ствола, $L_n$, $V$ – перемещение и скорость артиллерийского орудия с платформой, $L_s$ – длина ствола артиллерийского орудия, $m$ – масса сваи, $m_1$ – масса поршня, $L_0$ – длина строительного элемента, $L_a$ – величина начального заглубления сваи, $L_b$ – величина начальной части сваи, находящейся в воде, $d$ – калибр ствола, $W_0$ – объем каморы, $\omega$ – масса заряда, $\chi$ – характеристика формы пороха, $I_n$ – полный импульс давления газов во время сгорания пороха, $\theta$ – коэффициент адиабаты без единиц, $Q_1$ – вес откатных частей орудия, $D$ – диаметр головной части сваи, $Q_p$ – вес платформы, $A$, $B$, $H_0$ – линейные размеры платформы, погруженные в воду, $\rho$ – плотность воды, $I_l$ – показатель консистенции для глины, $a_1$, $b_1$, $c_1$ – коэффициенты сопротивления глинистого грунта.

Отметим то, что полученные системы дифференциальных уравнений при сделанных в начале статьи допущениях полностью описывают динамику извлечения сваи из донного грунта с помощью артиллерийской системы, принципиальная схема которой изображена на рис. 1.

Рассмотрим численный эксперимент, основанный на построенной математической модели.

*Численный эксперимент*

Рассмотрим один пример решения задачи для конкретного случая, подробно описанного в работах [1–6]. В качестве параметров системы установки взяты: модернизированная пушка М-46 (М-47) и простой военный понтон с характеристиками, описанными ниже. В результате используются следующие параметры: $L_s$ = 2,345 м, $m$ = 360 кг, $m_1$ = 50 кг, длина поршня на 0,2 м больше длины канала артиллерийского орудия, $L_0$ = 4 м, $L_a$ = 3 м, $L_b$ = 1, $d$ = 0,170 м, $W_0$ = 0,001026 м$^3$, $\omega$ = 0,3 кг, $f$ = 950000 дж/кг, $\chi$ = 1, $\delta$ = 1600 кг/м$^3$, $p_0$ = 200000 кг/м$^2$, $\alpha = 0{,}98\cdot10^{-3}$ м$^3$/кг, $\Delta$ = 293,4 кг/м$^3$, $I_n$ = = 367000 Па с, $\theta$ = 0,2, $Q_1$ = 36000 н, $D$ = 0,168 м, $Q_p$ = 250000 н, $A$ = 15 м, $B$ = 3 м, $H$ = 1 м, $I_l$ = 0,3, $a_1$ = 3422 Нс$^2$/м$^2$, $b_1$ = 2000000 Н/м$^2$, $c_1$ = 35000 Н/м$^2$.

Для решения задачи воспользуемся численным методом Рунге – Кутты 2-го порядка с шагом $t = 10^{-6}$. Как показали проведенные численные эксперименты в работах [2–6] – это наиболее оптимальный шаг для получения численных результатов близким с погрешностью до 5 % к практическим результатам. Для проведения численных экспериментов использовано ПО MathCad версия 14, в которое были заложены системы уравнений для 5 этапов извлечения сваи с пограничными условиями и получены численные результаты.

В результате проведенных расчетов, получены следующие значения для соответствующих этапов извлечения сваи для описанных выше параметров:

Первый этап – $\Psi_0 = 5{,}86\cdot10^{-4}$.

Второй этап – $p_{/t=0,009} = 1{,}854\cdot10^8$ Па, $v_{/t=0,009} = 17{,}959$ м/с, $\Psi_{/t=0,009} = 0{,}999$, $L_{/t=0,009} =$ $= 0{,}091$ м, $L_{n/t=0,009} = 7{,}750\cdot10^{-5}$ м, $V_{/t=0,009} = 0{,}266$ м/с.

Третий этап – $p_{/t=0,032} = 1{,}6\cdot10^3$ Па, $v_{/t=0,032} = 0$ м/с, $L_{/t=0,032} = 2{,}243$ м, $L_{n/t=0,032} =$ $= 0{,}246$ м, $V_{/t=0,032} = 0{,}342$ м/с. На этом этапе поршень остановился в артиллерийском орудии, но свая полностью вышла из грунта.

Четвертый этап – $L_{/t=0,123} = 2{,}243$ м. То есть свая извлечена из грунта полностью, на величину $L$ = 3,243 м.

Пятый этап – максимальная амплитуда колебания системы после выстрела равна $y = 0{,}273$ м. Время затухания колебания платформы $t = 10{,}8$ сек.

Результат численного эксперимента показывает, что, при описанных технических параметрах, можно извлечь сваю из донного грунта, при определенной подготовке, с одного выстрела. При этом колебания платформы будут быстро затухающими, а амплитуда колебания платформы не превышает 27 % от высоты платформы.

*Технические рекомендации*

Общие:

Расстояние от дульного среза ствола артиллерийского орудия до поверхности воды должно быть не меньше длины сваи. Для этого в установке необходимо предусмотреть систему подъема артиллерийского орудия или оставлять постоянное положение артиллерийского орудия, но изменять массу заряда, закладываемого в артиллерийское орудие.

Понтон:

Дополнительно были проведены численные эксперименты для еще двух понтонов: армейский нормальный понтон Н2П с техническими характеристика: $A = 10{,}6$ м, $B = 2{,}2$ м, $H = 1{,}05$ м, масса понтона 1900 кг, грузоподъемность 12200 кг; армейский полуторный понтон Н2П с техническими характеристиками: $A = 16{,}06$ м, $B = 2{,}2$ м, $H = 1{,}05$ м, масса понтона 2950 кг, грузоподъемность 18700 кг. Численные эксперименты показали, что использовать такие понтоны возможно, но максимальная амплитуда колебания понтона с артиллерийским орудием будет равна 0,48 м, и при наличии колебаний воды может произойти опрокидывание понтона.

Свая:

Аналогично расчетам для разных типов понтонов были проведены численные эксперименты для нескольких типов свай. В результате сделаны следующие выводы: за один выстрел можно извлечь из донного грунта сваю с диаметром головной части сваи $D$ до $D = 0{,}32$ м и длиной $L_0 = 4$ м, величиной начального заглубления до 3 м; с двух выстрелов – с величиной начального заглубления до 5,5 м. Проведены расчеты для существующих свай: С 40-30-3 с размерами 4х0,3х0,3 – возможно извлечь из грунта с одного выстрела, при величине начального заглубления на 3 м; возможно извлечь из грунта с двух выстрелов, при величине начального заглубления на 3,5 и 4 м.

## Заключение

В результате полученные результаты расчетов динамики системы «пушка – поршень – свая – понтон – вода – грунт» показывают возможность извлечения сваи из донного грунта с понтона, находящегося на поверхности спокойной воды, с применением откатных артиллерийских орудий. Колебания платформы с артиллерийским орудием при этом после выстрела относительно вертикальной оси небольшие и быстро затухающие.

## Список литературы

1. Пенский О.Г., Мазеина Н.Н., Шестаков Е.С. Способ извлечения строительных элементов из грунта с помощью многоствольных артиллерийских орудий // Заявка на патент РФ на изобретение № 2017126845, заявлено 25.07.2017.

2. Pensky O.G., Kuznetsov A.G. Mathematical models for extracting pile from the soil with the help of multibarreled artillery system // Journal of Computational and Engineering Mathematics. – 2018. – Т. 5. № 1. – P. 14–22.

3. Остапенко Е.Н. Исследование математической модели импульсного вдавливания строительных элементов в грунт из многоствольных откатных артиллерийских орудий / Е.Н. Остапенко// Фундаментальные исследования. – 2016. – № 3–1. – С. 42–46.

4. Черников А.В. Математическая модель заглубления в грунт строительного элемента с платформы на воде / А.В. Черников, О.Г. Пенский // Вестник машиностроения. – М., 2011. – № 10. – С. 32–37.

5. Основы импульсной технологии устройства фундаментов: монография / А.А. Бартоломей, В.Н. Григорьев, И.М. Омельчак [и др.]. – Пермь: Изд-во ПГТУ, 2002. – 175 с.

6. Принципиальные схемы и математические модели строительных артиллерийских орудий: монография / В.В. Маланин, Е.Н. Остапенко, О.Г. Пенский [и др.]. – Пермь: Изд-во ПГНИУ, 2016. – 496 с.

УДК 621.91

# МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА РЕЗАНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ УЛЬТРАЗВУКОВЫХ КОЛЕБАНИЙ И АНАЛИЗ УСТОЙЧИВОСТИ ПРОЦЕССА

**Чикишев Е.В., Гаспарян Г.Д.**

*Братский государственный университет, Братск, e-mail: chikishev_92@mail.ru, gasparyan_garik@mail.ru*

Одним из путей повышения эффективности процесса резания является добавление синусоидальной колебаний на режущий инструмент. Общепризнано, что ультразвуковые колебания могут эффективно повысить качество и эффективность обработки, однако теоретическая основа данного процесса на данный момент не совершенна. Во многих исследованиях говорится о том, что создание колебаний на инструменте повышает устойчивость резания при различных условиях. Ультразвук в технологических операциях деревопереработки возможно использовать как для создания принципиально новых технологических решений, так и для использования совместно с существующими. Настоящая статья посвящена отображению диаграммы устойчивости процесса резания с добавлением колебаний – ультразвукового процесса резания (УЗПР) и сравнению ее с диаграммой механического процесса резания (МПР). Для определения динамической силы резания в УЗПР разработана математическая модель прогнозируемых сил, учитывающая свойства материала, геометрию инструмента, условия резания и параметры колебаний. Затем выполняется анализ устойчивости, произведенный на приведенном примере и основанный на предложенной модели силы, и получена соответствующая диаграмма состояния устойчивости, которая показывает влияние УЗПР на стабильность резания при различных скоростях режущего инструмента.

**Ключевые слова: процесс резания, математическая модель, ультразвуковые колебания, диаграмма устойчивости**

# MATHEMATICAL MODEL OF THE CUTTING PROCESS USING ULTRASONIC VIBRATIONS AND ANALYSIS OF PROCESS STABILITY

**Chikishev E.V., Gasparyan G.D.**

*Bratsk State University, Bratsk, e-mail: chikishev_92@mail.ru, gasparyan_garik@mail.ru*

One way to increase the efficiency of the cutting process is to add a sinusoidal vibration to the cutting tool. It is generally accepted that vibration can effectively improve the quality and efficiency of processing, but the theoretical basis of this process is not perfect at the moment. In many studies, it is said that the creation of vibration on the tool increases the stability of cutting under different conditions. Ultrasound in technological operations of wood processing can be used both for creating fundamentally new technological solutions and for using with existing ones. This article is devoted to displaying the stability diagram of the cutting process with the addition of vibration (VAM) and compare it with the diagram of the conventional cutting process (CM). To determine the dynamic cutting force, a mathematical model of predicted forces is developed in VAM, taking into account the material properties, tool geometry, cutting conditions and vibration parameters. Then the stability analysis performed on the above example is performed and based on the proposed model of the force, and an appropriate stability state diagram is obtained which shows the effect of VAM on the cutting stability at different cutting tool speeds.

**Keywords: cutting process, mathematical model, ultrasonic vibrations, stability diagram**

В последние годы вопрос повышения эффективности процесса резания становится все актуальнее, в связи с растущей конкуренций на рынке сбыта и непрерывными попытками борьбы с потерями на производстве [1]. Одним из новых методов в деревообрабатывающей промышленности является повсеместное использование ультразвукового излучения для различных целей [2]. Ультразвук в технологических операциях деревопереработки возможно использовать как для создания принципиально новых технологических решений, так и для использования совместно с существующими [3]. Высокая эффективность ультразвуковых воздействий на различные технологические процессы и образование новых подтверждена многочисленными исследованиями и опытом более чем тридцатилетнего применения на ряде предприятий различных отраслей промышленности [4].

В процессе резания инструмент подвергается мощным механическим, температурным, химическим и трибологическим воздействиям [5]. Обычный процесс резания (МПР) обусловлен высокой температурой резания, большими усилиями резания и последующим быстрым износом инструмента даже при относительно низкой скорости резания. Эти проблемы в конечном итоге приводят к ухудшению качества обработки и препятствуют увеличению скорости резания, что снижает эффективность обработки. Чтобы преодолеть эти проблемы и получить высококачественные заготовки после обработки дорогостоящих материалов, применяется множество новых передовых технологий обработки, использующих добавление в процесс резания различных внешних источников энергии для оказания помощи в механической обработке,

среди которых добавление ультразвуковых колебаний (УЗПР) является одним из приоритетных [6]. Несмотря на то что применение ультразвуковых колебаний показало хорошие экспериментальные результаты, данный процесс все еще находится на начальном этапе развития и нуждается в дальнейших обширных исследованиях.

УЗПР добавляет управляемые синусоидальные колебания инструмента к процессу МПР [7]. Для применения УЗПР необходимо контакт «инструмент – заготовка» сделать прерывистым, что приносит много преимуществ по сравнению с МПР по качеству и эффективности обработки, включая уменьшение усилий режущего инструмента [7], увеличенный срок службы инструмента [8], улучшенное удаление материала [9], уменьшенную шероховатость поверхности и улучшенную точность формы [7].

Многие исследователи вели научный поиск обоснований того, почему УЗПР может эффективно улучшить качество обработки и повысить эффективность обработки [10]. Одно из возможных объяснений заключается в том, что УЗПР может повысить стабильность резания и подавить вибрацию по сравнению с МПР, таким образом, что срез заготовки может получить более высокую точность и лучшую шероховатость поверхности после механической обработки [11], а для увеличения скорости удаления стружки можно использовать большую глубину резки. Тем не менее существующих данных недостаточно для того чтобы дать конкретное заключение о том, в каком диапазоне контролируемых параметров механическая обработка с ультразвуковыми колебаниями могла бы стабильно обеспечить более высокую стабильность резания. В исследовании [12] автор попытался составить диаграмму устойчивости процесса резания (УПР) для УЗПР с использованием обычного метода частотной области. Однако автор сделал временную задержку $\tau$ равной периоду времени $T$ в своем анализе, что очень ограничено, поскольку $\tau$ определяется скоростью режущего инструмента, которая является изменяемой, а $T$ определяется частотой колебаний, которая почти фиксируется на резонансной частоте режущего инструмента в УЗПР. Они не всегда равны, и этот традиционный метод не может быть использован для анализа влияния частоты вибрации на стабильность резания. На самом деле было доказано, что несколько методов применимы для прогнозирования устойчивости при обычном точении или фрезеровании, таких как метод полудискретизации [13] и метод полной дискретизации [14], и эти методы могут быть успешно использованы для прогнозирования устойчивости в УЗПР с некоторыми исключениями.

В этой статье основное внимание уделяется поведению устойчивости УЗПР и сравнивается с анализом МПР, чтобы лучше понять эффект подавления вибрации УЗПР.

*Анализ усилий, возникающих во время резания с ультразвуковыми колебаниями*

*1. Анализ кинематических нагрузок во время резания.*

На рис. 1, а и б, показаны смещение и скорость инструмента относительно заготовки во времени $t$, а на рис. 1, в, показан механизм генерации пульсирующих сил резания в УЗПР. В одном цикле колебаний $T$ (от $t_1$ до $t_4$) силы резания существуют только в зоне $T_C$ (от $t_3$ до $t_4$). Значения сил при резке равны значениям в СМ, так как наложенные колебания в значительной степени не влияют на поведение заготовки и изменяют только прикладываемые усилия. При отсутствии контакта инструмента с заготовкой силы резания отсутствуют (от $t_1$ до $t_3$), поэтому средние силы уменьшаются, по сравнению с МПР.

Поскольку силы резания тесно связаны с временем резания в УЗПР, мы определяем показатель «r», названный рабочим циклом:

$$r = \frac{T_C}{T} = \frac{t_4 - t_3}{T}. \quad (1)$$

Тогда введем периодическую функцию $g(t)$:

$$g(t) = \begin{cases} 1, nT \le t \le (n+r)T \\ 0, (n+r)T \le t \le (n+1)T \end{cases} (n = 1,2,3\ldots). \quad (2)$$

Силы в УЗПР можно выразить в виде (3), где $F_{\text{УЗПР}}$ представляет собой сумму сил резания в УЗПР, тогда как $F_{\text{МПР}}$ – сумма сил в МПР.

$$F_{VAM} = F_{CM} \cdot g(t). \quad (3)$$

$F_{\text{МПР}}$ получен с использованием модели плоскости сдвига [15, 16], включая усилие в направлении $F_C$ и направлении подачи $F_T$, как выражено в уравнении (4) и (5) где $h$ – недеформированная толщина стружки, $w$ – ширина разреза, $K_C$ и $K_T$ – константы резания, которые могут быть предсказаны аналитически, используя расширенную теорию механической обработки Оксли с моделью стресса потока Джонсона и Кука [18].

$$F_C = K_C \cdot \omega \cdot h_0, \quad (4)$$

$$F_T = K_T \cdot \omega \cdot h_0. \quad (5)$$

В итоге силы резания в УЗПР получаю путем объединения уравнений (1–5).

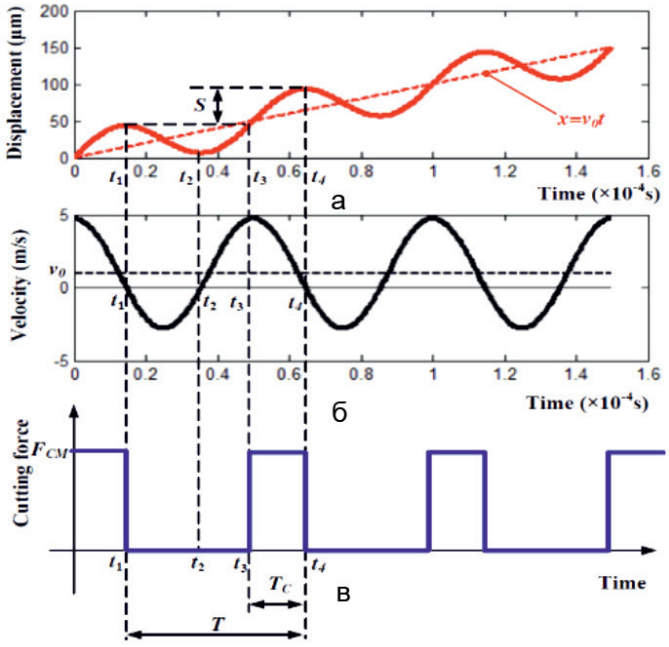



*Рис. 1. (а) Относительное смещение заготовки, (б) относительная скорость заготовки инструмента, (в) механизм пульсирующих усилий резания*

*2. Проверка теоретических данных методом конечных элементов.*

Ниже приводится пример исследования, показывающего последовательность расчета и результат, математическую модель усилий резания. AlMg 5053 используется в качестве материала заготовки, а параметры давления потока Джонсона – Кука и некоторые дополнительные свойства материала, используемые в модели. Условия резания, параметры вибрации и геометрия инструмента следующие: номинальная скорость резания 60 м/мин, скорость подачи 0,15 мм/об., глубина разреза 0,2 мм; частота вибрации 20 кГц, амплитуда колебаний 20 мкм; угол поворота 0 градусов, угол зазора 7 градусов. Результаты расчета приведены в табл. 1.

**Таблица 1**

Результаты расчета

| Показатель | $K_C$, (МПа) | $K_Г$, (МПа) | r | T, сек*$10^{-3}$ |
|---|---|---|---|---|
| Значение | 2,1e3 | 1,2e3 | 0,4095 | 0,05 |

На рис. 2 сравниваются силы, рассчитанные на основе математической модели и рассчитанные методом конечных элементов (МКЭ), в (а) направлении резания и (б) направлении подачи. Черные пунктирные линии представляют собой полученные данные на основе математической модели, а красные сплошные линии представляют результаты, собранные МКЭ. Из рис. 2 видно, что пунктирные линии и непрерывные линии хорошо согласуются с учетом максимального значения и изменяющегося тренда в обоих направлениях, что подтверждает правильность предложенной модели силы. Кроме того, средние силы резания в УЗПР рассчитываются в обоих направлениях. Используя предложенную математическую модель, средние силы резания составляют 24,2 Н в направлении резания и 13,3 Н в направлении подачи, а по МКЭ соответствующие цифры составляют 27,4 Н и 14,6 Н соответственно. Различия между этими двумя методами составляют не более 5 %.

*Математическая модель ультразвукового колебания и состояния стабильности*

*1. Математическая модель стабильности резания для УЗПР.*

На рис. 3 показан механизм вибрации в момент касания режущего инструмента заготовки. Как правило, система резания рассматривается как единая свободная система, предполагая, что инструмент является подвижным в направлении подачи, в то время как заготовка является неподвижной.

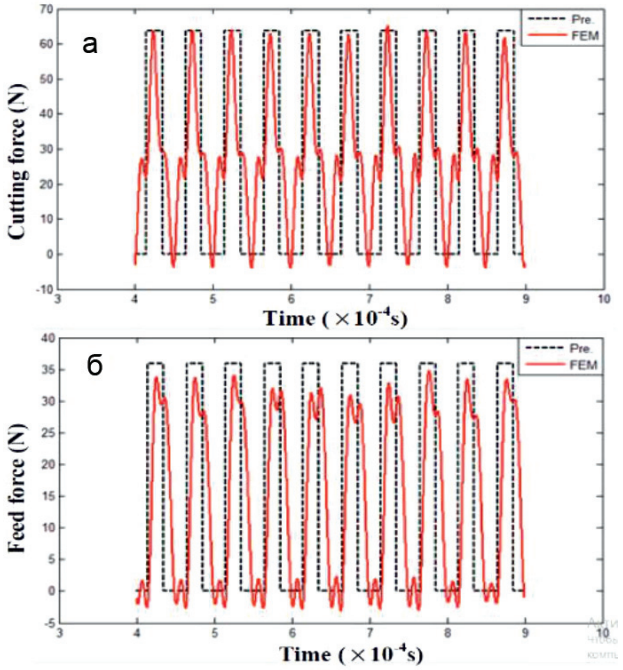



*Рис. 2. Сравнение сил, расчитанных по математической модели и МКЭ в (а) – направлении резания и (б) – направлении подачи*

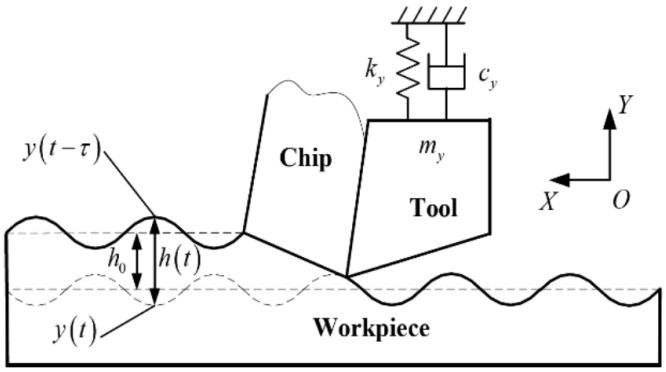



*Рис. 3. Механизм вибрации в момент касания режущего инструмента заготовки*

Зависимая от времени, мгновенная недеформированная толщина стружки $h(t)$ определяется предполагаемой толщиной стружки и предшествующими и текущими колебаниями:

$$h(t) = h_0 + y(t-\tau) - y(t), \tag{6}$$

где $\tau$ – время одного реза, $y(t-\tau)$ и $y(t)$ – колебания в предыдущем и текущем оборотах соответственно. Подставляя (3) и (5) в уравнение (6), динамическая сила резания в направлении подачи в УЗПР выражается следующим образом:

$$F_{(T_{YAM})}(t) = K_T \omega g(t)\left[h_0 + y(t-\tau) - y(t)\right]. \tag{7}$$

Наконец, динамическое уравнение для УЗПР получено с учетом массы $m_y$, демпфирования $c_y$ и жесткости $k_y$ одного реза:

$$m_y \ddot{y}(t) + c_y \dot{y}(t) + k_y y(t) = K_T \omega g(t)\left[h_0 + y(t-\tau) - y(t)\right]. \tag{8}$$

*2 Анализ стабильности вибрационной обработки.*

Предполагаемая толщина стружки не влияет на стабильность системы [13, 14], поэтому это значение можно опустить для простоты анализа стабильности и уравнения, (8) становится:

$$m_y \ddot{y}(t) + c_y \dot{y}(t) + k_y y(t) = K_T \omega g(t)\left[y(t-\tau) - y(t)\right]. \quad (9)$$

Пусть $x(t) = \left[\dot{y}(t) + y(t)\right]^{\tau}$, тогда пространственно-временная форма уравнения (9) получится:

$$\dot{x}(t) = A_0 x(t) + A(t)x(t) + B(t)x(t-\tau), \quad (10)$$

где

$$A_0 = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ -\dfrac{k_y}{m_y} & -\dfrac{c_y}{m_y} \end{bmatrix}, A(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \dfrac{K_T \omega}{m_y} g(t) & 0 \end{bmatrix}, B(t) = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ \dfrac{K_T \omega}{m_y} g(t) & 0 \end{bmatrix}. \quad (11)$$

Стабильность прогнозируется с использованием метода полной дискретизации [12]. Дискретизируем период времени $T$ на $n$ равных интервалов, то есть $T = n\Delta t$, и введем другое целое число $m$, которое соответствует: $m = int\left(\dfrac{\tau}{\Delta t}\right)$. На каждом временном интервале $[k\Delta t, (k+1)\Delta t]$, ответ уравнения (10) с начальным условием $x_k = x(k\Delta t)$ можно получить следующее:

$$x(t) = e^{A_0(t-k\Delta t)} x(k\Delta t) + \int_{k\Delta t}^{t} \left\{ e^{A_0(t-k\Delta t)} \left[ A(\zeta)x(\zeta) + B(\zeta)x(\zeta-\tau) \right] \right\} d\zeta. \quad (12)$$

Тогда можно получить $x_{k+1}$, то есть $x(k\Delta t + \Delta t)$:

$$x_{(k+1)} = e^{A_0 \Delta t} x(k\Delta t) + \int_0^{\Delta t} \left\{ e^{A_0 \zeta} \begin{bmatrix} A(k\Delta t + \Delta t - \zeta)x(k\Delta t + \Delta t - \zeta) + \\ B(k\Delta t + \Delta t - \zeta)x(k\Delta t + \Delta t - \zeta - \tau) \end{bmatrix} \right\} d\zeta. \quad (13)$$

Затем элемент времени $x(k\Delta t + \Delta t - \zeta - \tau)$, элемент состояния $x(k\Delta t + \Delta t - \zeta)$, временные элементы $A(k\Delta t + \Delta t - \zeta)$ и $B(k\Delta t + \Delta t - \zeta)$ аппроксимируются линейно с использованием граничных значений:

$$x(k\Delta t + \Delta t - \zeta - \tau) \doteq x_{k+1-m} + \frac{\tau - m\Delta t + \zeta}{\Delta t}\left(x_{k-m} - x_{k+1-m}\right), \quad (14)$$

$$x(k\Delta t + \Delta t - \zeta) \doteq x_{k+1-m} + \frac{\zeta}{\Delta t}\left(x_k - x_{k+1}\right), \quad (15)$$

$$A(k\Delta t + \Delta t - \zeta) \doteq A_0^k + A_1^k \Delta t, \quad (16)$$

где $A_0^k = A_{k+1}$, $A_1^k = \dfrac{1}{\Delta t}\left(A_k - A_{k+1}\right)$, и $A_k$ – значение $A(t)$ за время $k\Delta t$

$$B(k\Delta t + \Delta t - \zeta) \doteq B_0^k + B_1^k \Delta t, \quad (17)$$

где $B_0^k = B_{k+1}$, $B_1^k = \dfrac{1}{\Delta t}\left(B_k - B_{k+1}\right)$, и $B_k$ – значение $B(t)$ за время $k\Delta t$.

Подставим уравнение (14–17) в уравнение (13), $x_{k+1}$ можно записать в виде

$$x_{k+1} = \left(F_0 + F_{0,1}\right)x_k + F_{k+1}x_{k+1} + F_{m-1}x_{k+1-m} + F_m x_{k-m} \quad (18)$$

$F_0, F_{0,1}, F_{k+1}$ те же, что и в [13], тогда как $F_{m-1}, F_m$ выражаются как

$$F_{m-1} = \left( \frac{m\Delta t + \Delta t - \tau}{\Delta t} \Phi_1 - \frac{1}{\Delta t} \Phi_2 \right) B_0^k + \left( \frac{m\Delta t + \Delta t - \tau}{\Delta t} \Phi_2 - \frac{1}{\Delta t} \Phi_3 \right) B_1^k \ , \tag{19}$$

$$F_m = \left( \frac{\tau - m\Delta t}{\Delta t} \Phi_1 - \frac{1}{\Delta t} \Phi_2 \right) B_0^k + \left( \frac{\tau - m\Delta t}{\Delta t} \Phi_2 - \frac{1}{\Delta t} \Phi_3 \right) B_1^k \ . \tag{20}$$

Согласно (18), дискретное отображение можно определить как

$$y_{k+1} = D_k y_k \ , \tag{21}$$

где вектор $y_k$ и $D_k$ определяются следующим образом.

$$y_k = col\left( x_k x_{k-1} \ldots x_{k+1-m} x_{k-m} \right), \tag{22}$$

$$D_k = \begin{bmatrix} \left[1 - F_{k+1}\right]^{-1} (F_0 + F_{0,1}) & 0 & 0 & \vdots & 0 & \left[1 - F_{k+1}\right]^{-1} F_{m-1} & \left[1 - F_{k+1}\right]^{-1} F_m \\ 1 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \vdots & 0 & 1 & 0 \end{bmatrix}. \tag{23}$$

Определим матрицу перехода Ф, а затем получим следующие уравнения:

$$\Phi = D_{m-1} D_{m-2} \ldots D_1 D_0 \ , \tag{24}$$

$$y = \Phi y_0. \tag{25}$$

Согласно теории Флоке [17], устойчивость системы определяется следующим образом: если модули всех собственных значений Ф меньше единицы, система устойчива; в противном случае система нестабильна.

*3. Пример расчета и проверки с помощью моделирования во временной области.*

Ниже приведен пример получения диаграммы лепестков устойчивости для УЗПР, используя метод, упомянутый в вышеуказанном подразделе, и проведено сравнение с соответствующим поведением устойчивости в МПР. Параметры анализа устойчивости перечислены в табл. 2.

На рис. 4 показана полученная диаграмма стабильности МПР (показана черной линией) и УЗПР (показана красной линией). Очевидно, что красная линия находится выше черной линии под любой скоростью режущего инструмента в исследуемой области, что означает, что УЗПР всегда может оказывать положительное влияние на стабильность резания. Диаграмма стабильности для МПР та же, что и результат [12], однако диаграмма устойчивости УЗПР показывает другой результат. В [12], при скорости вращения режущего инструмента 1400 об/мин, допустимая глубина разреза в УЗПР меньше, чем в МПР, что противоречит рис. 4. Чтобы проверить результат прогнозирования стабильности в этой статье, стандартное моделирование во временной области выполняется со скоростью режущего инструмента 1400 об/мин.

**Таблица 2**

Параметры для анализа стабильности

| Показатель | Частота, Гц | Жесткость, Н/м | Коэф. сжатия | $K_T$, МПа | r |
|---|---|---|---|---|---|
| Значение | 228,8 | 2,26e8 | 0,01 | 850 | 0,6 |

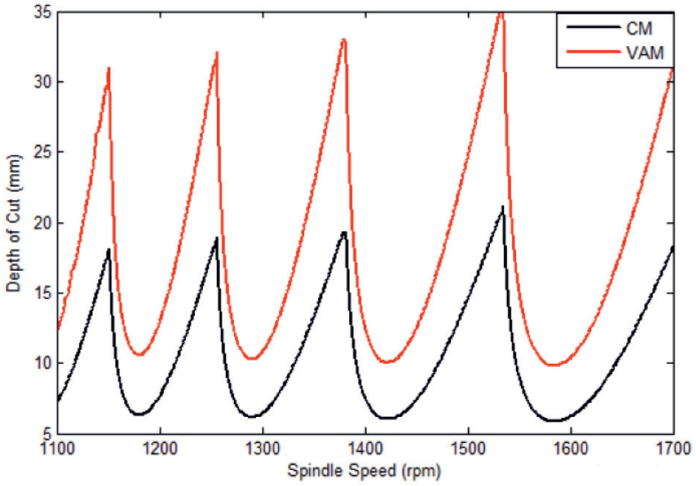



*Рис. 4. Диаграмма устойчивости МПР и УЗПР*

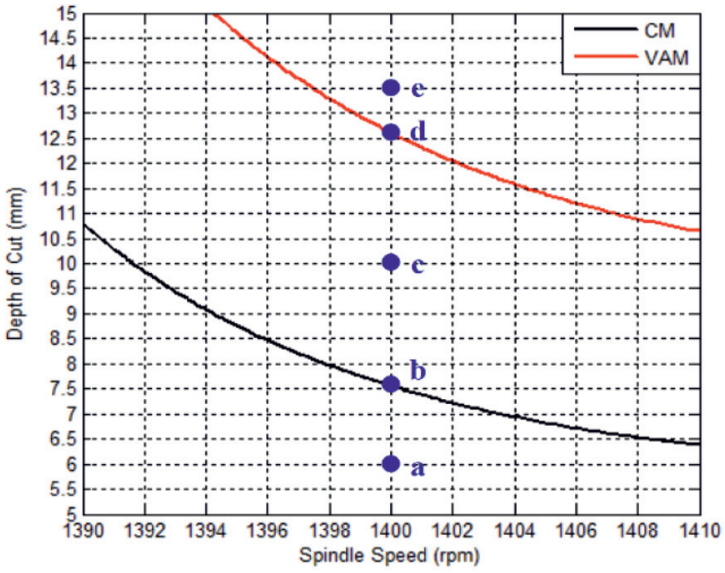



*Рис. 5. Подробная диаграмма устойчивости режущего инструмента на скорости 1400 об/мин*

Рис. 4 строится для скорости режущего инструмента равной 1400 об/мин, чтобы увидеть больше деталей, как показано на рис. 5. На рис. 5 изображены пять различных точек *a–e*, представляющих разную глубину разреза, среди которых точка *b* и точка *d* находятся на границе устойчивости. Следующий этап моделирования во временной области выполняется в этих пяти точках, и результаты показаны на рис. 6.

На рис. 6, а, как МПР, так и УЗПР стабильны, а колебания в УЗПР намного ниже и сходятся быстрее. На рис. 6, б, МПР становится критическим, колебания почти остаются неизменными, тогда как УЗПР остается достаточно стабильным. Это явление соответствует прогнозируемому результату на рис. 5: точка *b* находится на черной линии, которая является границей для отделения стабильной и неустойчивой области для МПР. Однако точка *b* намного ниже красной линии, что означает, что она находится в стабильной области в УЗПР. На рис. 6, в, МПР становится довольно неустойчивым, а колебания превышают допустимые значения через определенный интервал времени. И если глубина резки увеличивается непрерывно, колебания будут становиться выше, что показано на рис. 6, г, и на рис. 6, д. Для УЗПР он все еще стабилен на рис. 6, в. Только когда глубина разреза достигает около 12,5 мм, он стано-

вится критически устойчивым, как показано на рис. 6, г, и увеличение глубины разреза непрерывно до 13,5 мм приводит к неустойчивости, как показано на рис. 6, д. Следует отметить, что независимо от стабильности колебания в УЗПР всегда ниже, чем в МПР. Вышеуказанные результаты моделирования хорошо согласуются с диаграммой лепестков устойчивости, показанной на рис. 5, которая подтверждает ее правильность.

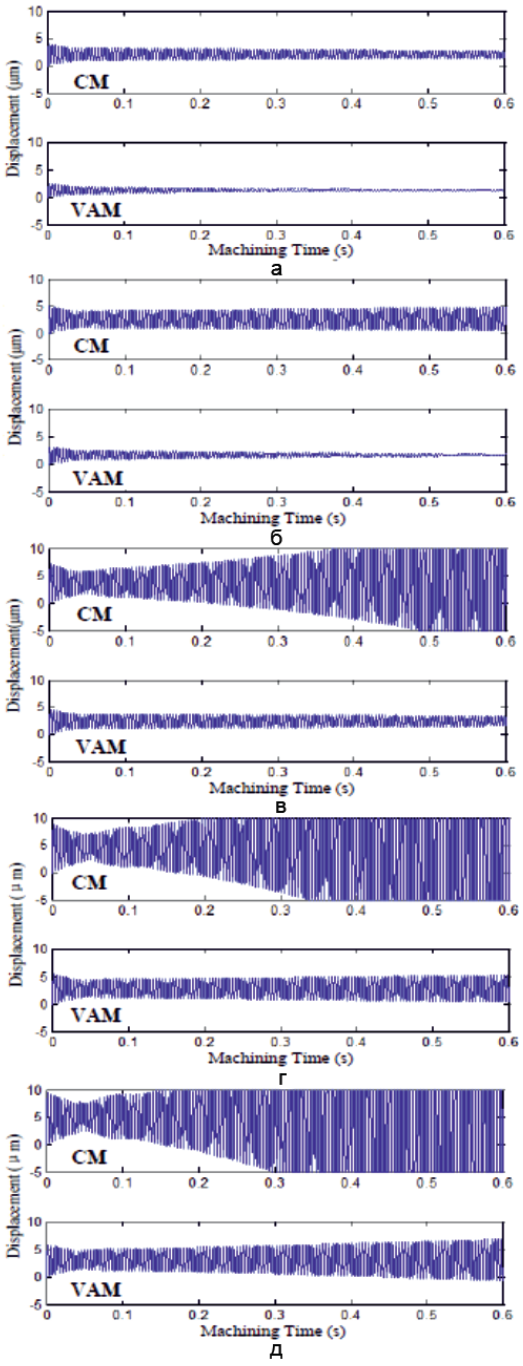



*Рис. 6. Моделирование во временной области при разных условиях резания*

## Выводы

В этой статье предлагается математическая модель прогнозируемых сил резания, возникающих в УЗПР, и эта модель оказалась точной по сравнению с МКЭ. Анализ устойчивости, основанный на этой модели, проводится для сравнения разницы в поведении устойчивости между МПР и УЗПР. Из полученной диаграммы состояния стабильности выясняется, что УЗПР может эффективно увеличивать допустимую глубину резки, что означает, что она имеет более высокую устойчивость к резанию.

Настоящая статья дает теоретические основы анализа стабильности для УЗПР, и результаты полностью подтверждают его преимущества по качеству обработки и эффективности обработки.

## Список литературы

1. Babitsky V.I., Mitrofanov A.V., Silberschmidt V.V. Ultrasonically assisted turning of aviation materials: simulations and experimental study // Ultrasonics. – 2004. – № 42 (1–9). – P. 81–86.

2. Гаспарян Г.Д., Гаспарян М.Д. Перспективы применения ультразвука при окорке лесоматериалов // Труды Братского государственного университета. Серия: естественные и инженерные науки. – 2012. – № 2. – С. 5–13.

3. Гаспарян Г.Д. Анализ ультразвуковых технологий с целью оценки интродукции в лесопромышленный сектор экономики // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=7441 (дата обращения: 29.06.2018).

4. Гаспарян Г.Д. Методологические и технологические основы процесса окорки лесоматериалов ультразвуком: дис. … докт. техн. наук. – Москва, 2013. – С. 10–14.

5. Ulutan D., Ozel T. Machining induced surface integrity in titanium and nickel alloys: A review // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2011. – № 51(3). – P. 250–280.

6. Jeon Y., Park H.W., Lee C.M. Current research trends in external energy assisted machining. // International Journal of Precision Engineering and Manufacturing. – 2013. – № 14(2). – P. 337–342.

7. Brehl D.E., Dow T.A. Review of vibration-assisted machining // Precision Engineering. – 2008. – № 32(3). – P. 153–172.

8. Guo Y., Mann J.B., Yeung H., Chandrasekar S. Enhancing Tool Life in High-Speed Machining of Compacted Graphite Iron (CGI) Using Controlled Modulation. Tribology Letters. – 2012. – № 47(1). – P. 103–111.

9. Mann J.B., Guo Y., Saldana C., Compton W.D., Chandrasekar S. Enhancing material removal processes using modulation-assisted machining // Tribology International. – 2011. – № 44(10). – P. 1225–1235.

10. Yuan Gao, Ronglei Suna, Jurgen Leopold, Analysis of cutting stability in vibration assisted machining using an analytical predictive force model // Procedia CIRP 31. – 2015. – P. 515–520.

11. Xiao, M., Sato, K., Karube, S., Soutome, T., The effect of tool nose radius in ultrasonic vibration cutting of hard metal // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2003- № 43(13) – P. 1375–1382.

12. Tabatabaei S.M.K., Behbahani S., Mirian S.M. Analysis of ultrasonic assisted machining (UAM) on regenerative chatter in turning // Journal of Materials Processing Technology. – 2013. – № 213(3). – P. 418–425.

13. Insperger T., Stepan G. Updated semi-discretization method for periodic delay-differential equations with discrete delay // International Journal for Numerical Methods in Engineering. – 2004. – № 61(1). – P. 117–141.

14. Ding Y., Zhu L., Zhang X., Ding H. A full-discretization method for prediction of milling stability. // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2010. – № 50(5). – P. 502–509.

15. Lalwani D.I., Mehta N.K., Jain P.K, Extension of Oxley's predictive machining theory for Johnson and Cook flow stress model // Journal of Materials Processing Technology. – 2009. – № 209 (12–13). – P. 5305–5312.

16. P.L.B. Oxley. The mechanics of machining: an analytical approach to assessing machinability // Ellis Horwood Publisher. – 1989. – P. 136–182.

17. Quintana G., Ciurana J. Chatter in machining processes: A review // International Journal of Machine Tools and Manufacture. – 2011. – № 51(5). – P. 363–376.

УДК 666.982:502(470.40)

# ОСУЩЕСТВЛЕНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ПЕНЗЫ)

**Щепетова В.А., Назариков П.Ю.**

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

Большинство предприятий Российской Федерации в своей работе активно используют природные ресурсы, причем зачастую нерационально, что может привести к непоправимым последствиям – изменению состояния окружающей среды. Цель исследования: провести экологический анализ этапов работы предприятия по изготовлению ЖБИ, сделать выводы, на основе которых попытаться усовершенствовать механизмы управления экологической безопасностью на предприятии города Пензы. Производство железобетонных изделий (ЖБИ) включает в себя несколько этапов, которые в той или иной степени будут влиять на экологическую безопасность. В статье приведен подробный анализ этапов работы предприятия по изготовлению железобетонных изделий. Рассмотрено негативное влияние на окружающую среду карьера по добыче сырья, выявлены недостатки в технологических процессах. Проведен полный анализ работы предприятия по производству железобетонных изделий, рассмотрены основные источники загрязнения окружающей среды.Рассмотрены основные направления деятельности природоохранных мероприятий, проводимых на ОАО АК «Домостроитель». В ходе проведения исследования была полностью достигнута поставленная цель, решены поставленные задачи, а именно: проанализирована система управления экологической безопасности на территории Российской Федерации, рассмотрены системы экологического менеджмента, а также системы экологической безопасности предприятия, дана общая характеристика загрязняющих веществ, а также исследована структура ОАО АК «Домостроитель», дана характеристика каждому из заявленных элементов структуры, подробно охарактеризован технологический процесс, применяемый на ОАО АК «Домостроитель», и проведен мониторинг влияния загрязняющих веществ, образующийся при работе завода ЖБИ и разработке карьера керамзитовых глин «Лебедевский». В результате анализа учебной и научной литературы, а также проектных документов ОАО АК «Домостроитель» были выработаны практические рекомендации и предложения по улучшению технологических процессов с целью снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду в районе расположения производственных площадок ОАО АК «Домостроитель».

**Ключевые слова: экологическая безопасность, железобетонные изделия, окружающая среда, природоохранные мероприятия**

# REALIZATION OF ECOLOGICAL SAFETY AT PRODUCTION OF REINFORCE-CONCRETE WARES (ON EXAMPLE OF CITY OF PENZA)

**Shchepetova V.A., Nazarikov P.Yu.**

*Penza State University of the Architecture and Construction, Penza, e-mail: shchepetovav@mail.ru*

Most the enterprises of the Russian Federation in the work actively use natural resources, and it is often irrational that can lead to irreparable consequences – change of state of environment. A research objective was carrying out the ecological analysis of stages of work of the enterprise for production of concrete goods, to draw conclusions on the basis of which to try to improve mechanisms of management of ecological safety at the enterprise of the city of Penza. Production of concrete goods (concrete goods) includes several stages which will influence in a varying degree ecological safety. The detailed analysis of stages of work of the enterprise for production of concrete goods is provided in article. The negative impact on the environment of a pit on extraction of raw materials is considered, shortcomings of technological processes are revealed. The full analysis of work of the enterprise for production of concrete goods is carried out, the main sources of environmental pollution are considered. The main activities of the nature protection events held on OAO AK «Domostroitel» are considered. During a research the goal has been completely achieved, objectives are solved, namely: the control system of ecological safety in the territory of the Russian Federation is analysed, the systems of ecological management and also the system of ecological safety of the enterprise are considered, the general characteristic of pollutants is given and also the structure of OAO AK «Domostroitel», the characteristic is given to each of the stated elements of structure, the technological process applied on OAO AK «Domostroitel» is in detail characterized and the monitoring of influence of pollutants which is formed during the work of the concrete goods plant and quarrying of ceramsite Lebedevsky clays is carried out. As a result of the analysis of educational and scientific literature and also design documents of OAO AK «Domostroitel» the practical recommendations and suggestions for improvement of technological processes for the purpose of decrease in anthropogenic load of the environment around an arrangement of production sites of OAO AK «Domostroitel».

**Keywords: environmental security, concrete products, environment, environmental protection**

Нерациональное использование природных ресурсов и отсутствие природоохранных мероприятий приводят к возникновению различных факторов опасности. В результате чего в настоящее время актуально развитие новой формы взаимодействия человека и природы – обеспечение экологической безопасности (ЭБ) личности, населения и предприятия.

В Федеральном законе Российской Федерации от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» экологическая

безопасность определена как состояние защищенности природной среды и жизненно важных интересов человека от возможного негативного воздействия хозяйственной и иной деятельности, чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, их последствий [1].

Большинство предприятий в своей работе интенсивно используют природные ресурсы, причем зачастую нерационально, что в большинстве случаев приводит к непоправимым измененияmв состоянии окружающей среды. Производство железобетонных изделий (ЖБИ) не является исключением и включает в себя несколько этапов, которые в той или иной степени будут влиять на экологическую безопасность.

Цель исследования: дать экологический анализ этапов работы предприятия по изготовлению ЖБИ, сделать выводы, на основе которых попытаться усовершенствовать механизмы управления экологической безопасностью на предприятии города Пензы.

Актуальность данного исследования обуславливается, прежде всего, тем, что избыточное воздействие на окружающую среду от завода железобетонных изделий (ЖБИ), карьера по добыче сырья и строительных площадок приводит к значительным изменениям в сторону ухудшения качества атмосферы, гидросферы и литосферы, а также негативно влияет на здоровье жителей города Пензы.

Новизна данного исследования заключается в том, что за время существования подобных предприятий, а это более 30 лет, механизм управления экологической безопасностью не изучался настолько подробно и детально, не давались «живые» и реально реализуемые рекомендации и предложения по внедрению природоохранных мероприятий.

Задачи данной работы:

1. Исследовать структуру, особенности предприятия ОАО АК «Домостроитель» и систематизировать полученную информацию и дать характеристику отдельных элементов структуры предприятия, а именно: завода железобетонных изделий (ЖБИ), карьеру керамзитовых глин «Лебедевский» и строительных площадок.

2. Дать общую характеристику загрязняющим веществам, образующимся в результате деятельности исследуемого предприятия.

3. Провести мониторинг влияния загрязняющих веществ завода ЖБИ и карьера по добыче керамзитовых глин.

4. Выявить направления деятельности природоохранных мероприятий, проводимых на ОАО АК «Домостроитель».

5. Разработать рекомендации для улучшения действующей системы управления экологической безопасностью, существующей в ОАО АК «Домостроитель».

Материал и методы исследования определялись задачами, целями и сущностью поставленных практических проблем. В связи с этим использовались следующие методы:

– теоретического уровня: анализ и изучение литературных источников по данной проблеме, законодательных актов в области охраны окружающей среды, нормативных документов [2];

– эмпирического уровня: наблюдение;

– практического уровня: разработка рекомендаций по повышению экологической безопасности на изучаемом объекте.

## Результаты исследования и их обсуждение

В процессе исследования анализу и подробному изучению подверглось ОАО АК «Домостроитель» города Пензы, в структуре которого особое внимание уделялось заводу ЖБИ и карьеру керамзитовых глин «Лебедевский».

На карьере керамзитовых глин «Лебедевский» производилась добыча природного ископаемого, которое в дальнейшем использовалось для производства керамзитного гравия на заводе ЖБИ с применением его в качестве заполнителя при производстве железобетонных изделий.

Разработка карьера велась открытым способом. В ходе подготовительных работ удалялась растительность, устранялись водоотводные канавы. При вскрышных работах производилась выемка растительного слоя, почвы, подзола, песка, то есть всех непригодных для производства слоев, которые покрывали толщу глины [2].

Неорганизованными источниками выбросов загрязняющих веществ являлись: производство выемочно-погрузочных работ экскаваторами, карьерными погрузчиками; транспортировка горной массы карьерными автосамосвалами; механическое дробление негабарита в забоях гидробутобоем на базе гидравлического дизельного экскаватора; вспомогательные, отвальные и рекультивационные работы бульдозерами; свежая поверхность отвалов вскрышных пород. К основным загрязняющим веществам будут относиться: диоксид азота; оксид азота (II); углерод (сажа); диоксид серы; керосин; пыль неорганическая, содержащая 70–20 % двуокиси кремния; оксид углерода. Несмотря на то, что эти вещества в основном относятся к третьему классу опасности, они существенно вносят негативный вклад в загрязнение окружающей среды. Кроме того,

в ходе проведения работ образуется большое количество отходов от эксплуатируемой техники.

Особенность данной производственной деятельности при приведении отработки участка карьера не дает возможности выполнить достоверный расчет загрязнения атмосферного воздуха, вызванного выбросами передвижных источников загрязнения (карьерная техника), поскольку эти источники носят неорганизованный характер. Они не имеют постоянной привязки на местности и действуют периодически. Учитывая, что все эти источники являются низкими (высота до 2 м), можно утверждать, что максимальные приземные концентрации загрязняющих веществ будут наблюдаться вблизи от работающей техники и механизмов.

ОАО АК «Домостроитель» осуществляет полный цикл производства строительных изделий на заводе ЖБИ с последующим использованием их на своих строительных площадках. Из анализа схемы движения инертных материалов на заводе можно сделать вывод о том, что технологический процесс сопровождается выделением большого количества поллютантов.

В ходе проведенного исследования выявилось, что в результате производственной деятельности завода образуются отходы и загрязняющие вещества, выбрасываемые и сбрасываемые в окружающую среду.

Основными загрязнителями воздушного бассейна являются продукты:

– сжигания газа в топках котлов: оксид азота, диоксид азота, сернистый ангидрид, оксид углерода, бенз(а)пирен.

– производства ЖБИ: пыль неорганическая, содержащая 70–20% двуокиси кремния.

– производства керамзита: пыль неорганическая, содержащая 70–20% двуокиси кремния, оксид азота, диоксид азота, сернистый ангидрид, оксид углерода, бенз(а) пирен, абразивная пыль.

В результате анализа технологических процессов основными объектами выделения вредных веществ в атмосферу при работе вспомогательных служб являются:

– склад щебня;

– склады керамзита;

– гараж и стоянки автотранспортных средств, дорожной и тракторной техники;

– столярная мастерская;

– ремонтно-механической цех;

– посты сварки и газорезки;

– участок зарядки аккумуляторов.

Выделение загрязняющих веществ происходит при работе автотранспортных средств, дорожной и тракторной техники в режиме «прогрев – выезд – въезд» из отапливаемого гаража и открытой стоянки. При этом в атмосферу выбрасываются оксид углерода, оксиды серы и азота, бензин, керосин, сажа [3].

В столярной мастерской источниками выделения вредных веществ являются деревообрабатывающие станки, в процессе работы которых выделяется древесная пыль.

В ремонтно-механическом цехе источниками выделения вредных веществ являются металлообрабатывающие станки, в процессе работы которых выделяется пыль абразивная, пыль металлическая, пыль меди, пыль алюминия, эмульсор. Заточные станки оборудованы системой местной вытяжной вентиляции.

В арматурном цехе при производстве сварочных и газорезательных работ в атмосферу выделяются железа оксид, марганца оксид, хрома оксид, титана оксид, фториды плохо растворимые, фтористый водород, углерода оксид, пыль неорганическая, диоксид и оксид азота.

При проведении окрасочных работ в атмосферу выделяются: уайт-спирит, ксилол, ацетон, бутилацетат, спирт бутиловый, толуол, спирт этиловый, этилцеллюлоза.

На участке зарядки аккумуляторов источниками выделения вредных веществ являются кислотные аккумуляторные батареи в период их подзарядки, в результате чего происходит выброс паров серной кислоты.

В основном ЗВ представляют собой 2, 3, 4 класс опасности.

Исследуя климатические характеристики зоны расположения предприятия, нами было выявлено, что оно относится к умеренно континентальному климату. Преобладающее направление ветра в летний период – южное; в зимний – южное и юго-восточное, суховейных ветров – южное и юго-восточное. Таким образом, в целом климатические условия неблагоприятные для рассеивания, что может привести к интенсивному загрязнению окружающей среды города [4].

Что касается отходов производства, то в основном преобладают мелкодисперсные вещества, которые при отсутствии или малой производительности воздухоочистных сооружений также могут внести большой вклад в загрязнение атмосферы.

Существуют три типа организации управления экологической безопасностью на предприятиях [5]. На рассматриваемом в данной работе предприятии ОАО АК «Домостроитель» реализован третий тип организации управления, а именно система управления состоит из заместителя генерального директора по энергосбережению и экологии, эколога. Несмотря на наличие отдельной должности эколога в иерархии

подразделений ОАО АК «Домостроитель», система управления экологической безопасностью занимает слабую позицию.

В целях усовершенствования системы управления экологической безопасностью нами были предложены следующие мероприятия:

1. Контроль за соблюдением нормативных требований, предъявляемых к технологическим процессам [6]. Экологическая служба должна быть сопоставима с количеством работников и объемом выпускаемой продукцией на предприятии. У сотрудников службы по охране окружающей среды уровень образования должен быть достаточен для организации устойчивого технологического процесса с соблюдением всех норм и требований в области охраны окружающей среды. Кроме того, должно осуществляться запланированное повышение квалификации инженеров-экологов.

2. Сотрудники службы охраны окружающей среды должны принимать участие в подготовке, в том числе внесении изменений, рассмотрений и утверждений внутренних технологических регламентов, проектов усовершенствования и расширения производства, а также других внутренних вопросов на предприятии, напрямую влияющих на работников и технологию производства.

3. Осуществление наблюдения за количественным и качественным составом твердых, жидких и газообразных отходов, образующихся в результате технологических процессов производства, исследование их влияния на состояние окружающей среды, а также на эффективность работы очистных сооружений очистки от загрязняющих веществ выбросов и сбросов.

4. Осуществление (и контроль за выполнением) мероприятий, направленных на внедрение малоотходных технологий и оборотного водоснабжения на данном объекте.

5. Организация (и контроль за выполнением) мероприятий по снижению или полной ликвидации шумов и других физических факторов загрязнения окружающей среды. Для снижения шумового загрязнения нами было предложено применять изолирующие кожухи. В цехах потолок и стены облицевать звукопоглощающей штукатуркой или пористыми плитами, а также изолировать машины от фундаментов. Следует применять в качестве индивидуальных средств зашиты от шума наушники, шлемы, ушные заглушки.

6. Организация мероприятий для зашиты от негативного влияния вибрации от технологического оборудования: его необходимо тщательно изолировать и перенести на дистанционное управление. Рабочие, обслуживающие вибрационные установки, должны быть обеспечены противовибрационными рукавицами и специальными ботинками с утолщенной до 40 мм подошвой из мягкой резины.

7. Организация мероприятий, направленных на усовершенствование технологической цепочки использования воды. Это снижение водопотребления на единицу произведенного изделия, применение повторно-последовательного и оборотного водоснабжения, борьба с потерями воды на производстве и так далее.

8. С целью сокращения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу от источников неорганизованных выбросов при разработке и рекультивации Лебедевского месторождения керамзитовых глин ОАО АК «Домостроитель» были рекомендованы следующие мероприятия:

– осуществление в сухое и жаркое время дня орошения штабелей горных пород в забоях карьера и технологических местах погрузки горной массы, с целью предотвращения выбросов загрязняющих веществ с поверхности полигона в виде пыли;

– осуществление в сухое и жаркое время дня орошения водой подъездных дорог и площадок отвалов и забоев, с целью предотвращения выбросов загрязняющих веществ с поверхности полигона в виде пыли;

– установка на технике с двигателями внутреннего сгорания каталитических нейтрализаторов для снижения выбросов загрязняющих веществ в атмосферу, что повышает класс экологичности транспортного средства.

В случае возникновения неблагоприятных гидрометеоусловий на территории ОАО АК «Домостроитель» следует провести такие организационно-технологические мероприятия: находящийся на территории карьера керамзитовых глин «Лебедевский» автотранспорт должен быть максимально ограничен в передвижении; повышение уровня организованного контроля над техническим состоянием топливной аппаратуры и в целом всей работы двигателя внутреннего сгорания; запрещение длительной работы строительной техники на холостом ходу с двигателем внутреннего сгорания.

С целью дальнейшей разработки карьера керамзитовых глин «Лебедевский» ОАО АК «Домостроитель» необходимо провести ряд мероприятий по снижению сейсмического эффекта от взрывных работ: использование простейших типов взрывных веществ; уменьшение массы взрывчатого вещества; наилучшее размещение группы зарядов на территории карьера керамзитовых глин

«Лебедевский» ОАО АК «Домостроитель»; изменение составных частей и элементов заряда, используемого для взрывных работ карьера керамзитовых глин «Лебедевский».

**Выводы**

Таким образом, в ходе проведения исследования была полностью достигнута поставленная цель, решены поставленные задачи, а именно: проанализирована система управления экологической безопасности на территории Российской Федерации, рассмотрены системы экологического менеджмента, а также системы экологической безопасности предприятия, дана общая характеристика загрязняющих веществ, а также исследована структура ОАО АК «Домостроитель», дана характеристика каждому из заявленных элементов структуры, подробно охарактеризован технологический процесс, применяемый на ОАО АК «Домостроитель», и проведен мониторинг влияния загрязняющих веществ, образующийся при работе завода ЖБИ и разработке карьера керамзитовых глин «Лебедевский».

В результате анализа учебной и научной литературы, а также проектных документов ОАО АК «Домостроитель» были выработаны практические рекомендации и предложения по улучшению технологических процессов с целью снижения антропогенной нагрузки на окружающую среду в районе расположения производственных площадок ОАО АК «Домостроитель».

В настоящее время природоохранная деятельность ОАО АК «Домостроитель» не может быть эффективной, потому что она осуществляется лишь одним структурным подразделением. Наибольший результат будет достигнут в том случае, если над охраной окружающей среды и рациональным природопользованием работают все службы и подразделения предприятия с учетом специфики их деятельности.

**Список литературы**

1. Об охране окружающей среды: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ (последняя редакция) [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ (дата обращения: 20.04.2018).

2. Щепетова В.А. Оценка влияния на атмосферный воздух мероприятий по разработке месторождений и добыче строительных песков в Пензенской области / В.А. Щепетова // Современные проблемы науки и образования. – 2014. – № 2.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=12323 (дата обращения: 23.04.2018).

3. ОНД-90. Руководство по контролю источников загрязнения атмосферы. Санкт-Петербург 1992 г. [Электронный ресурс]. – URL: http://www.infosait.ru/norma_doc/45/45500/index.htm (дата обращения: 23.04.2018).

4. СанПиН 2.1.6.1032-01. Гигиенические требования к обеспечению качества атмосферного воздуха населенных мест [Электронный ресурс]. – URL:http://docs.cntd.ru/document/901787814 (дата обращения: 23.04.2018).

5. Об охране атмосферного воздуха: Федеральный Закон РФ от 04.05.1999г. № 96-ФЗ [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_22971 (дата обращения: 23.04.2018).

6. Куприянов А.В. Системы экологического управления: учеб. пособие / Д.И. Явкина, Д.А. Косых, А.В. Куприянов. – Оренбург: ОГУ, 2013. – 122 с.

УДК 004.94:332.54

# К ВОПРОСУ О ЗАМЕЩЕНИИ AUTOCAD АЛЬТЕРНАТИВНЫМИ САПР ПРОДУКТАМИ В СФЕРЕ ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВА И КАДАСТРА НЕДВИЖИМОСТИ

**Яроцкая Е.В., Патов А.М., Кузнецова А.С.**

*ФГБОУ ВО «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина», Краснодар, e-mail: mail@kubsau.ru*

В настоящее время сфера проектирования глубоко погрузилась в процессы автоматизации. При этом для повышения качества работ, автоматизации подвергаются все возможные процессы на предприятии. Системы автоматизированного проектирования (САПР) применяются практически во всех сферах деятельности человека. Использование САПР в землеустройстве и кадастре – неотъемлемая часть производства работ в данной сфере. В статье проводится анализ современного состояния рынка разработчиков систем автоматизированного проектирования. Интерес представляет возможность замещения наиболее популярной и распространенной САПР AutoCAD альтернативными САПР-продуктами в сфере землеустройства и земельного кадастра. В ходе работы к анализу привлекались следующие продукты: AutoCAD, BricsCAD, NanoCAD, ZWCAD, T-Flex, зарубежных и отечественных разработчиков. Был рассмотрен конкретный пример подготовки графической основы для схемы расположения земельного участка на кадастровом плане территории для целей анализа возможности практического применения данных САПР продуктов в землеустройстве и кадастрах. С применением каждого из рассматриваемых программных продуктов сформированы схемы расположения земельного участка, образуемого из государственной неразграниченной собственности, расположенного в г. Краснодаре Краснодарского края. Выявлено, что большинство конкурентов компании Autodesk ориентированы на выпуск продукции, функциональные качества и интерфейс которой максимально приближены к AutoCAD. Однако многие узкоориентированные САПР ничем не уступают в своей профильной области. Отмечены перспективы закрепления позиций на отечественном рынке в сфере землеустройства и земельного кадастра САПР NanoCAD и ZWCAD. Одно из главных преимуществ данных продуктов перед AutoCAD – стоимость.

**Ключевые слова: система автоматизированного проектирования, земельно-кадастровые работы, проектирование, землеустройство, AutoCAD**

# ON THE QUESTION OF SUBSTITUTE AUTOCAD ALTERNATIVE CAD PRODUCTS IN THE SPHERE OF LAND MANAGEMENT AND THE REAL ESTATE CADASTRE

**Yarotskaya E.V., Patov A.M., Kuznetsova A.S.**

*Federal State Budget Educational Educational Institution of Higher Education «Kuban State Agrarian University named after I.T. Trubilina» , Krasnodar, e-mail: mail@kubsau.ru*

Nowadays, sphere of design is deeply immersed in the automation processes. At the same time, to improve the quality of work, all possible processes in the manufacture have a huge influence of autmation . Computer-aided design (CAD) systems are applied in almost all spheres of human activity. Using of CAD in the land-device and cadastre is essential l part of the work in this sphere. The article are analyzed the modern state of the market for developers of computer-aided design systems. Interest gives the opportunity of replacing the most popular and widespread CAD AutoCAD with alternative CAD-products in the sphere of land-device and land cadastre. During the work, the following products were the subject of analyses: AutoCAD, Briscad, nanoCAD, ZWCAD, foreign and domestic developers. Was considered a specific example of the preparation of the graphical framework for the layout of the land plot on the Cadastral plan of the territory for the purpose of analyzing the feasibility of CAD data of the products in the land management and land cadastre. With the use of each of the software products under consideration, the schemes of the location of the land plot formed from the state non-delimited property located in Krasnodar, Krasnodar region are formed. It was revealed that the majority of competitors of Autodesk company are focused on production, functional qualities and interface of which are close to AutoCAD. However, many narrow-oriented CAD systems are in no way inferior in their profile sphere. The prospects of consolidation of positions in the domestic market in the field of land management and land cadastre of CAD NanoCAD and ZWCAD are noted. One of the main advantages of this products in front of AutoCAD is the price.

**Keywords: computer-aided design, land-cadastral work, design, land management, AutoCAD**

В последние десятилетия, в связи с широким развитием компьютерной техники и информатизации общества в целом, ни одну сферу человеческой деятельности невозможно представить без компьютерных систем и информационных технологий. Отдельным направлением выделяются среди компьютерных технологий системы автоматизированного проектирования (САПР).

Системой автоматизированного проектирования (САД) является организационно-техническая система, необходимая для реализации информационной технологии выполнения функций проектирования, является незаменимым инструментом выполнении работ по оформлению конструкторской и технологической документации проектирования. Основная функция САПР

состоит в выполнении автоматизированного проектирования на всех или отдельных стадиях проектирования объектов и их составных частей.

Очевидно, что использование любых технологических средств в производстве должно характеризоваться какой-либо эффективностью применения данного инструмента в производственном процессе. Прежде всего, эффективность применения САПР обеспечивается следующими ее возможностями: автоматизации оформления документации; информационной поддержки и автоматизации процесса принятия решений; использования технологий параллельного проектирования; унификации проектных решений и процессов проектирования (использование готовых фрагментов чертежей: конструктивных и геометрических элементов, унифицированных конструкций, стандартных изделий); повторного использования проектных решений, данных и наработок; стратегического проектирования; замены натурных испытаний и макетирования математическим моделированием; повышения качества управления проектированием; применения методов вариантного проектирования и оптимизации.

Сферы применения САПР продуктов практически не ограничены: строительство, машиностроение, дорожное хозяйство, архитектура, картография, геологические изыскания, дизайн, землеустройство и кадастр и т.д. Можно без сомнения сказать, что во всех перечисленных сферах САПР продукты являются незаменимыми помощниками любого специалиста. Не являются исключением и земельно-кадастровые работы. Отметим, что при выполнении земельно-кадастровых работ система автоматизированного проектирования является незаменимым инструментом на протяжении всего рабочего цикла, начиная с подготовительного этапа, заканчивая выходной документацией [1]. В настоящее время уделяется особое внимание со стороны государства к качеству информационного обеспечения землеустройства и кадастровой деятельности. Под качеством понимается степень достоверности пространственных данных об объектах недвижимости и землеустройства, чтобы избежать ошибок при постановке на кадастровый учет и обеспечения организации рационального использования земель и их охраны. А это можно обеспечить только при использовании программных продуктов, которые в силу своих функциональных возможностей максимально позволят снизить вероятность появления таких ошибок.

Цель исследования состоит в том, чтобы определить потенциал, уровень диверсификации отечественного рынка САПР продуктов, возможность импортозамещения для повышения качества результатов землеустроительных и кадастровых работ при управлении земельными ресурсами.

## Материалы и методы исследования

Во всем мире существует большое количество систем автоматизированного проектирования, со своими преимуществами и недостатками. Несомненно, лидером в САПР индустрии является AutoCAD, данный продукт настолько распространен в мире, что возникает вопрос о возможности его замещения в отдельных отраслях. В связи с этим проанализируем возможность конкурирования отдельных САПР с лидером в данной области.

При выборе САПР для работы в сфере землеустройства и кадастра специалисты должны иметь четкое представление о том, какие системы они могут использовать для решения своих профессиональных задач. Требования к САПР для применения в той или иной области очень различаются, поэтому необходимо выявить определенные функции САПР, необходимые при выполнении землеустроительных и кадастровых работ, и разработать рекомендации по выбору САПР, чтобы из большого количества разнообразных систем автоматизированного проектирования выбрать оптимально удовлетворяющую профессиональным запросам пользователей [2].

## Результаты исследования и их обсуждение

Рассмотрим предложения в сфере САПР продуктов на отечественном рынке для выполнения землеустроительных и земельно-кадастровых работ. В таблице приведен сравнительный анализ характеристик САПР-продуктов, которые существуют на отечественном рынке и могут быть использованы для решения такого класса проектных задач.

Для того чтобы понять, какая система автоматизированного проектирования более проста, удобна, а также отвечает требованиям для использования в кадастровой деятельности, была разработана схема расположения земельного участка на Кадастровом плане территории (КПТ), с помощью САПР продуктов, представленных в таблице.

Требования к подготовке схемы расположения земельного участка на кадастровом плане территории регулируются земельным законодательством. В качестве примера рассмотрим подготовку схемы расположения земельного участка, образуемого из государственной неразграниченной собственности, расположенного по адресу: Краснодарский край, г. Краснодар, Прикубанский внутригородской округ, ул. Урицкого (рис. 1).

Сравнительный анализ характеристик САПР-продуктов на отечественном рынке

| | AutoCAD | Bricsad | nanoCAD | ZWCAD | GstarCAD | T-Flex | Компас | 4MCAD IntelliCAD | ProgeCAD |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Страна-производитель | США | Бельгия | Россия | Китай | Китай | Россия | Россия | Греция | Италия |
| 3D-ядро | Собственное (ASM), совместимое с ACIS | ACIS | ACIS | ACIS | ACIS | Parasolid | Собственное ядро | Open CASCADE Technology | ACIS |
| Область | CAD, AEC, GIS | AEC, MCAD | CAD | CAD | CAD | MCAD | MCAD, AEC | CAD, AEC | CAD |
| Последняя версия | Autodesk AutoCAD 2017 | V16 (11 марта 2016) | nanoCAD Plus 8.0 | ZWCAD 2017 | GstarCAD 2017 | T-FLEX CAD 15.0.10 | КОМПАС-3D V16 | 4M-IntelliCad 6.4. | ProgeCAD 2016 Professional |
| Цена (тыс.руб.) | 45,5–198,9 | 28–62 | 14 | 19,9 | 19,9 | 149,9 | 110 | – | 19,2 |
| Наличие демо-версии | + | + | + | + | + | + | + | + | + |

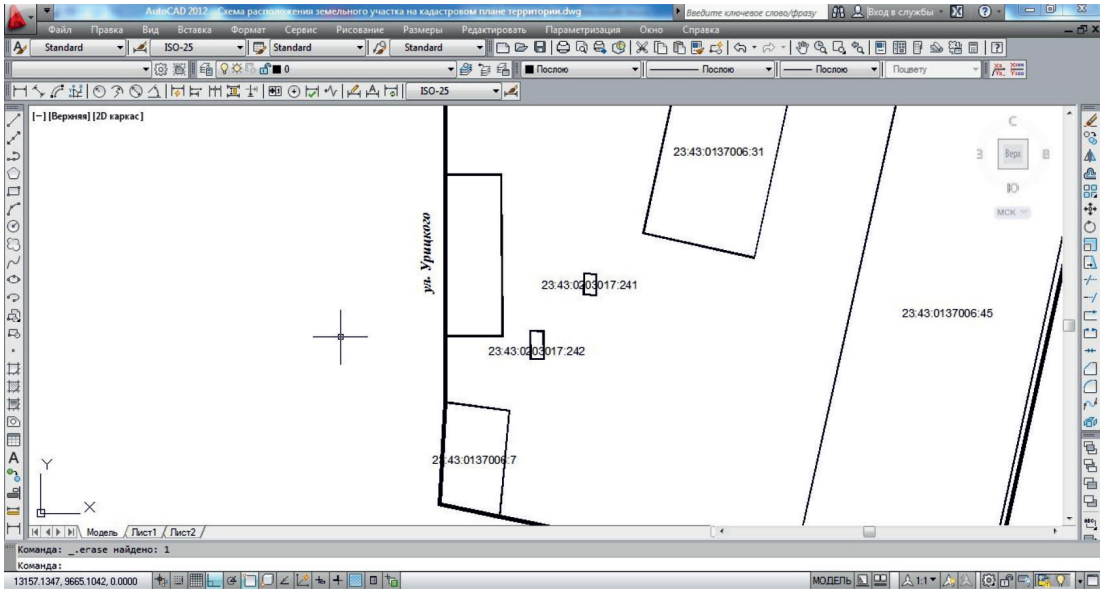



*Рис. 1. Расположение земельного участка в кадастровом квартале 23:43:0203017*

При подготовке землеустроительной и кадастровой информации в организациях используются как основные, так и вспомогательные программы, отвечающие за автоматизацию отдельных стадий проведения землеустроительных и кадастровых работ. Так, в рассматриваемом примере по формированию схемы расположения земельного участка использовался программный продукт ПроГео.

Программа позволяет автоматически формировать необходимую текстовую и графическую части пакета документации, создавать электронный файл формата XML и осуществлять подпись файлов с помощью электронно-цифровой подписи (ЭЦП). Однако функциональных возможностей ПроГео недостаточно для осуществления такого проекта. Поэтому для проектирования границ земельного участка с определением его координат используются на практике САПР-продукты.

AutoCAD как система автоматизированного проектирования получила широкое распространение на территории Российской Федерации. Плюсами данной САПР служат благоприятный графический интерфейс, высокое качество графической информации, широкий спектр инструментов программирования, благодаря которому пользователю предоставляется возможность добавить новые команды, модифицировать графический интерфейс программы, регулировать функциональные возможности AutoCAD, использовать элементарные графические примитивы в области двумерного проектирования для получения сложных объектов и многое другое. Благодаря этому, подготовка графической основы для схемы расположения земельного участка на Кадастровом плане территории (КПТ) (рис. 2) в данной САПР не вызывает трудностей, растровые изображения подгружаются без проблем [3]. В данной САПР отлично налажена работа со слоями и внешними ссылками. Для формирования текстовой части схемы расположения на КПТ импортируем координаты земельного участка из AutoCAD в ПроГео и экспортируем документ в XML файл. Основным недостатком данной САПР является ее стоимость.

Так же отметим, что требования к оборудованию, необходимому для удовлетворительной работы данной системы, достаточно велики.

Система автоматизированного проектирования BricsCAD является разработкой бельгийской компании «Bricsys». BricsCAD использует формат DWG и обеспечивает полную совместимость с AutoCAD 2014. В целом применение данной САПР ограничено следующими отраслями: архитектурно-строительное проектирование, изыскания и картографирование, инженерные сети, машиностроительное проектирование, электротехника [4].

Плюсами данной системы являются доступная цена, простота в использовании, бесплатная версия для учебных заведений, а также разнообразные предложения версий BricsCAD. После формирования границ земельного участка на кадастровом плане территории с использованием BricsCAD можно

сказать, что данная программа имеет немного тяжелый для восприятия интерфейс, отличающийся от других рассматриваемых САПР, что затрудняет работу, понимание основных функций и увеличивает время подготовки схемы (рис. 3).

Недостатком служит маленький объем информации, с которой можно работать одновременно, при работе с большим объемом информации, собственно, как и в любой программе, могут возникать сбои [4, 5].

NanoCAD Plus – это универсальная САПР для разработки рабочей документации в любых сферах проектирования. Программу создали российские разработчики в соответствии с требованиями отечественного рынка и стандартов. Эта САПР для работы использует стандартные форматы [6].

К достоинствам можно отнести невысокую стоимость программного обеспечения, открытый исходный код, позволяющий вносить дополнения в программу, наличие обучающей версии. Данный продукт уступает своим конкурентам в функциональных возможностях, а также имеет небольшие проблемы с запуском файлов формата DWG.

Внешний вид САПР похож на AutoCAD, но из-за большого «веса» программа имеет слабую скорость и медленно реагирует на запросы (рис. 4).

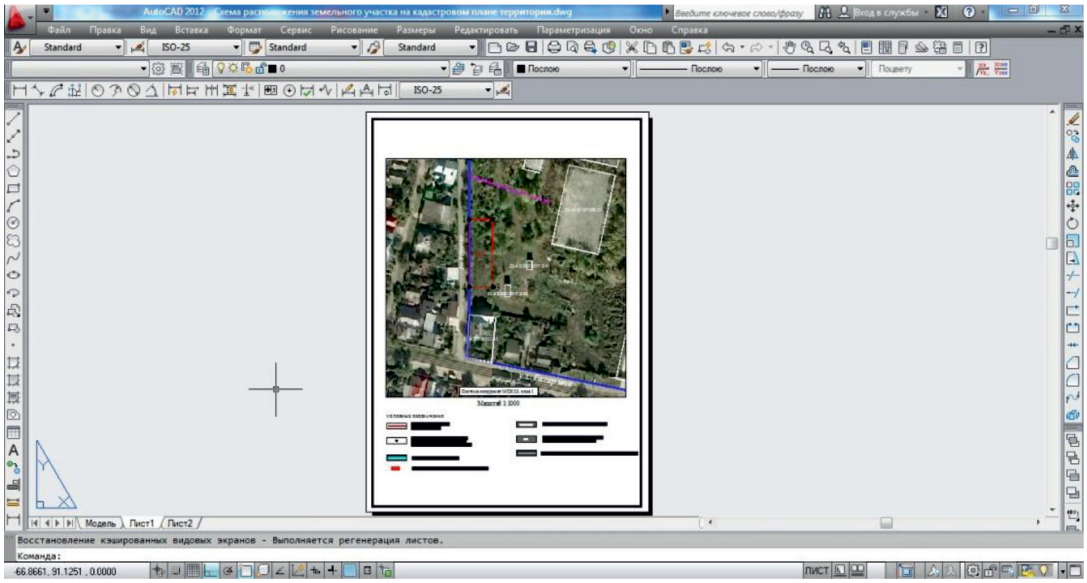


*Рис. 2. Схема расположения земельного участка на КПТ в программе AutoCAD*

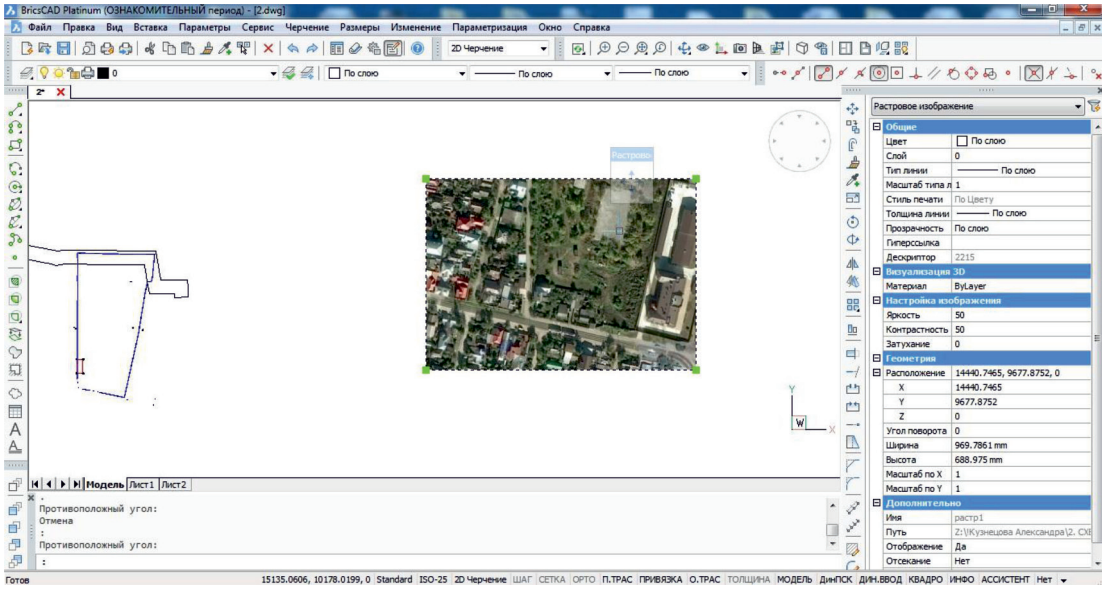


*Рис. 3. Разработка схемы расположения земельного участка на КПТ в программе BricsCAD*

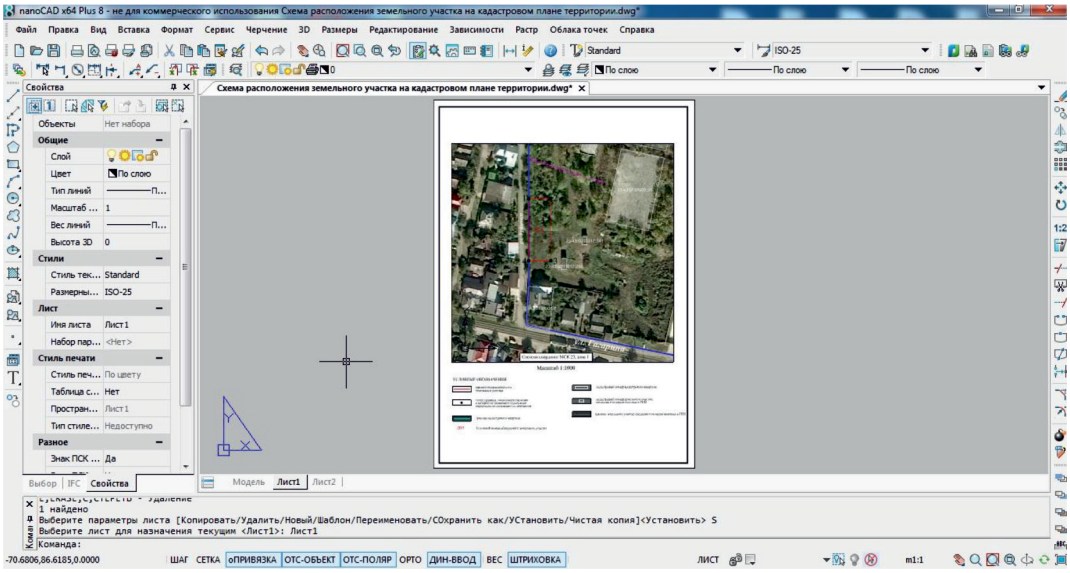


*Рис. 4. Схема расположения земельного участка на КПТ в программе NanoCAD*

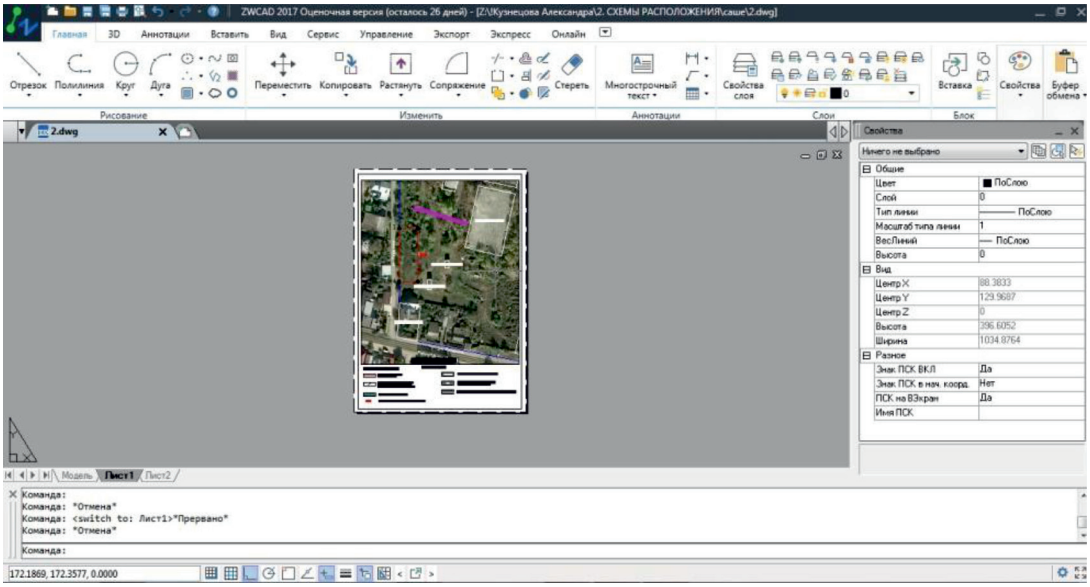


*Рис. 5. Схема расположения земельного участка на КПТ в программе ZWCAD*

ZWCAD – система автоматизированного проектирования разработана на основе IntelliCAD с применением технологии OpenDWG, эта система известна и распространена во множестве проектных организациях. Разработчик ZWCAD – китайская компания ZWSOFT, созданная в 1998 г. Данный продукт представляет собой экономичную комплексную программную систему для проектирования. У данной CAD простой и удобный для работы русскоязычный интерфейс, большой выбор инструментов для автоматизированной работы с двухмерными объектами, в том числе упрощенные процедуры образмеривания и редактирования, создания растровых изображений и примитивов, так же имеются средства визуализации и моделирования 3D-объектов, в частности для работы по плоскостям поперечного сечения [7].

При формировании схемы расположения на КПТ, ZWCAD, как и GstarCAD, был подобен AutoCAD, что упрощает работу. Аналогичность расположения значков и их форма является преимуществом программы, скорость работы значительно выше, чем скорость работы в других программах.

ZWCAD по сравнению с AutoCAD имеет меньше приспособлений и дополнительных свойств для автоматизации рабочего процесса, что можно отнести как к достоинствам, так и к недостаткам, плюс в том, что документ открывается гораздо быстрее и при работе над документом меньше возникает технических заминок (рис. 5).

Хочется также отметить такие программы, как Компас, T-Flex, 4MCAD IntelliCAD, ProgeCAD, GstarCAD, которые присутствуют на рынке САПР-продуктов. Однако эти программы не могут составить конкуренцию не только AutoCAD, но и перечисленным выше продуктам. Это связано, прежде всего, с тем, что они имеют ряд небольших недостатков, таких как отсутствие возможности работы с 3D объектами, слабая скорость, невозможность в полной мере работать с пространственными объектами.

**Выводы**

Учитывая все вышеизложенное, сделаем вывод, что наиболее популярной, многофункциональной, широко распространённой и пригодной САПР для использования и изучения является система автоматизированного проектирования – AutoCAD. Она является признанным мировым лидером среди САПР и обладает множеством различных функций.

В целом развитие САПР индустрии во многом обуславливается достижением компании Autodesk, потому что большинство конкурентов пытаются выпускать продукты максимально приближенными к интерфейсу и функциональным возможностям AutoCAD. Помимо этого отметим, что многие узкоориентированные САПР из представленных выше ничем не будут уступать AutoCAD в своей определенной области.

По нашему мнению, из всех рассматриваемых конкурентов AutoCAD в сфере землеустройства и кадастра недвижимости необходимо отметить такой САПР-продукт, как ZWCAD, это связано с тем, что данная программа немногим уступает конкуренту, в то время как стоимость ZWCAD в 10 раз меньше. Также отметим, что у ZWCAD полноценная поддержка форматов DWG, DXF, DWT, DWF, высокая скорость обработки файлов большого размера, возможность использования готовых и ранее разработанных шаблонов, благодаря этому данный САПР продукт отвечает практически всем требованиям, предъявляемым к программным продуктам, используемым при проведении землеустроительных и кадастровых работ.

Проекты в сфере землеустройства и кадастра недвижимости представляют совокупность графических и текстовых документов, постоянно обновляющихся, изменяющихся с течением времени проектов и документации. В связи с тем, что землеустроительное проектирование является не одноразовым действием, а непрерывным процессом, система автоматизированного проектирования в землеустройстве должна разрабатываться как постоянно действующая автоматизированная система, непрерывно связанная с общей системой государственного регулирования процесса организации землевладения и землепользования.

Считаем, что ZWCAD отвечает данным требованиям и благодаря этому составляет достойную конкуренцию популярному CAD-приложению. Также ZWCAD является совместимой с большим количеством дополнительных программ, необходимых для работы кадастрового инженера и проектировщика, это также является большим ее плюсом.

**Список литературы**

1. Малявкина Л.И. Тенденции развития систем автоматизированного проектирования / Л.И. Малявкина, К.А. Волобуев // Научные записки ОРЕЛГИЭТ. – 2015. – № 11. – С. 31–34.

2. Яроцкая Е.В. Развитие отечественных географических информационных систем в условиях импортозамещения / Е.В. Яроцкая, А.М. Патов // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. – 2016. – № 117. – С. 175–188.

3. Папшева Ю. Три богатыря Autodesk: AutoCAD Civil 3D, Navisworks, InfraWorks, или Сказ о том, как BIM-технология служит развитию землеустройства / Ю. Папшева // САПР и графика. – 2016. – № 8. – С. 6–10.

4. BricsCAD // Сайт представительства Bricsys NV в Российской Федерации [Электронный ресурс]. – URL: http://bricscad-russia.ru/ (дата обращения: 01.03.2018).

5. Кононенко А. Настройка BRICSCAD. Часть 1 / А. Кононенко // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт: научно-практический журнал. – М.: Издательский дом Панорама. – 2016. – № 8. – С. 45–48.

6. Полещук Н.Н. Путь к NanoCAD / Н.Н. Полещук. – СПб.: БХВ-Петербург, 2017. – 368 с.

7. ZWCAD Стандартная версия // Официальный сайт ZWSOFT [Электронный ресурс]. – URL: http://www.zwsoft.ru/zw-buy (дата обращения: 01.03.2018).

УДК 372.881.161.1

# ИМПЛИЦИТНЫЙ СМЫСЛ ПУБЛИЦИСТИЧЕСКОГО ТЕКСТА В ПРАКТИКЕ ПРЕПОДАВАНИЯ РУССКОГО ЯЗЫКА КАК ИНОСТРАННОГО (НА МАТЕРИАЛЕ УЧЕБНИКА «ДОРОГА В РОССИЮ»)

**Акашева К.Н., Горовая И.Г.**

*ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный университет», Оренбург, e-mail: nik1965@yandex.ru*

В статье анализируется практика обучения иностранных студентов пониманию и интерпретации имплицитного смысла публицистического текста на материале учебника по русскому языку как иностранному «Дорога в Россию». Процесс интерпретации текста предполагает не только извлечение информации, но и осознанное применения полученной информации в новых коммуникативных условиях и ситуациях. Понять в полной мере смысл текста возможно, обратившись к его «надъязыковой» стороне, имплицитным смыслам, характеристикам, «неблагоприятным» для учебного процесса, чтобы избежать недопонимания. Сформированность умения извлекать, понимать и интерпретировать имплицитные смыслы зависит от способности обучающегося проводить когнитивные операции, от его жизненного и языкового опыта, от его ментальных представлений, от лингвострановедческой подготовки и т.д. Умению понимать смысл, представленный в тексте имплицитно, следует обучать системно, активизируя в сознании говорящего различные когнитивные и языковые структуры, базирующиеся на фоновых знаниях. В связи с этим в методические разработки, представленные в учебнике «Дорога в Россию» и включающие задания по публицистическим текстам, следует также включить задания, направленные на выявление имплицитных смыслов, актуализаторов, их семантизацию и интерпретацию.

**Ключевые слова: русский язык как иностранный (РКИ), понимание текста, имплицитный смысл, актуализаторы имплицитности, публицистический текст**

# THE IMPLICIT MEANING OF PUBLICISTIC TEXT IN PRACTICE OF TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE (ON THE MATERIAL OF THE TEXTBOOK «ROAD TO RUSSIA»)

**Akasheva K.N., Gorovaya I.G.**

*Federal State Educational Government-financed Institution of Higher Education «Orenburg State University», Orenburg, e-mail: nik1965@yandex.ru*

The article analyzes the practice of teaching foreign students to understand and interpret the implicit meaning of a publicistic text on the material of the textbook on Russian as a foreign language «The Road to Russia». The process of interpreting the text involves not only the extraction of information, but also the conscious use of the information received in new communicative conditions and situations. To understand the full meaning of the text is possible, referring to its «supra-language» side, implicit meanings, characteristics, «unfavorable» for the educational process, in order to avoid misunderstanding. The formation of the ability to extract, understand and interpret implicit meanings depends on the ability of the learner to conduct cognitive operations, on his life and language experience, on his mental representations, on linguistic-cultural studies, etc. The ability to understand the meaning presented in the text implicitly, should be taught systematically, activating in the mindset of the speaker various cognitive and linguistic structures based on background knowledge. In this regard, the methodological developments presented in the textbook «The Road to Russia» and including assignments on publicistic texts, should also include tasks aimed at identifying implicit meanings, actualizers, their semantization and interpretation.

**Keywords: Russian as a foreign language (RFL), understanding the text, implicit meaning, actualizers of implication, publicistic text**

Проблеме понимания посвящено большое количество исследований (И.В. Арнольд, Ю.Д. Арутюнова, Г.И. Богин, А.В. Бондарко, О.В. Васильева, И.Р. Гальперин, В.И. Карасик, Г.В. Колшанский, В.Г. Костомаров, Е.В. Падучева, Г.Я. Солганик, Н.И. Формановская и др.). Понимание включает в себя использование когнитивной информации для интерпретации и постижения смысла. Информация передается двумя способами: эксплицитно (непосредственно языковыми единицами) и имплицитно. Имплицитная информация – это информация, которая не имеет явного, непосредственного выражения в языковых единицах. Наличие скрытого смысла, присущего языковым единицам, осложняет и затрудняет понимание текста. «Процесс понимания имплицитных смыслов можно определить как диалог между автором и читателем через взаимодействие с социальным контекстом. Цель понимания состоит не только в интерпретации смысла текста, но и в активизации собственных мыслительных процессов через формирование диалоговой «вопросно-ответной» системы» [1, с. 3].

Актуальность поставленной проблемы обусловлена тем, что компетенция обучающихся в освоении языка во многом зависит от способности понимать «надъязыковые» особенности текста [2]. Поэтому на занятиях по русскому языку как иностранному не-

обходимо уделять внимание работе с такого рода информацией, скрытой в тексте.

Объем имплицитной информации во многом определяется стилевой и жанровой принадлежностью текста. Художественный текст, безусловно, лидирует по количеству средств с коннотативным компонентом значения, индивидуально-авторских слов, реализующих свое значение в контексте под влиянием различных актуализаторов. Однако следует выделить и публицистические тексты, поскольку именно в них представлена в большей степени имплицитная информация [3]. Проблема адекватного восприятия инофонами публицистических текстов, включающих имплицитную информацию, на сегодняшний день является малоизученной, и соответственно, обретает статус одной из актуальных в области методики преподавания русского языка как иностранного.

Цель исследования: анализ учебных пособий, используемых в практике преподавания РКИ, на предмет определения стилевой и жанровой специфики текстов, содержащих имплицитную информацию, а также на предмет выявления приемов и способов работы с этой информацией для адекватного ее понимания инофонами.

## Материалы и методы исследования

Материалом для исследования послужил учебник по русскому языку для иностранцев «Дорога в Россию» (элементарный [4], базовый [5] и 1 сертификационный уровень владения [6]), рекомендованный Экспертной комиссией Государственной системы тестирования граждан зарубежных стран по русскому языку.

Основные методы исследования, используемые в работе: описательный, сравнительно-сопоставительный, а также метод контекстуального анализа. Основным приемом описания материала является контекстный, позволяющий учитывать контекстуальное окружение слова, выявлять актуализаторы имплицитности.

## Результаты исследования и их обсуждение

Публицистический текст, который некоторые исследователи называют одним из способов знакомства с культурой, историей и политикой страны изучаемого языка, в методике преподавания РКИ чаще всего привлекается в аспекте лингвострановедения. В публицистическом тексте имплицитный смысл выявляется благодаря особым актуализаторам имплицитности: текстовым, видеовербальным и языковым. Особую роль играют трансформации единиц лексико-семантической и фразеологической систем языка, обладающих большим импликативным потенциалом, разнообразные грамматические и словообразовательные трансформации.

В ходе анализа учебника «Дорога в Россию» было определено, что использование публицистических текстов и последовательность их введения, степень их понимания зависят от уровня владения языком. На элементарном уровне обучающийся должен понимать общее содержание текста, уметь определять его тему, выделять основную информацию и важные элементы содержания; на базовом – понимать идею текста, выделять помимо основной еще и дополнительную информацию; на первом сертификационном уровне – давать интерпретацию информации, делать выводы, определять специфику авторской оценки текста; на втором сертификационном уровне – производить более глубокий анализ содержания текста, авторской позиции, давать оценку прочитанному [7].

Учебник для элементарного уровня представлен наименьшим числом текстов публицистического стиля в соотношении с другими: из 50 текстов только 5 публицистические, из них 3 текста содержат имплицитную информацию и ее актуализаторы (фонетические, морфологические, синтаксические). В соответствии с рекомендуемыми требованиями к учащимся в освоении текстов авторами учтен принцип понимания иностранными студентами общего содержания текста, темы, основной информации.

Учебник для базового уровня представлен наибольшим количеством текстов: из 105 текстов 50 являются публицистическими. Из них 7 содержат имплицитную информацию и ее актуализаторы (лексические, морфологические).

В учебниках для первого сертификационного уровня общее количество текстов меньше, чем в учебнике для базового, однако сами тексты более объемны. В первой части учебника из 72 текстов 20 являются публицистическими. Из них 15 содержат имплицитную информацию и ее актуализаторы (лексические, словообразовательные, синтаксические). Во второй части из 65 текстов 17 являются публицистическими, 14 содержат имплицитную информацию и ее актуализаторы (лексические, морфологические, синтаксические).

Жанровое своеобразие публицистических текстов ярко представлено в учебниках для каждого уровня. Наиболее частотными являются газетные жанры: статьи и интервью. Реже встречаются очерки, но их жанровая идентификация в заданиях не указывается.

В учебнике «Дорога в Россию» для элементарного уровня публицистические

тексты немногочисленны и вводятся постепенно, начиная с 14 Урока. На данном этапе обучения не ставится цель выявить имплицитный смысл, поэтому задания к тексту ориентированы только на совершенствование речевой компетенции студентов. Так, одно из заданий представляет собой работу с текстом об известных людях, в котором имплицитная информация представлена минимально. В конструкциях типа «*Вы, конечно, знаете теорему Пифагора? А кто такой Пифагор?*»; «*Все знают, что известный русский композитор…*» присутствуют некоторые воздействующие на читателя приемы, которые служат актуализаторами имплицитной информации. В первом случае, согласно классификации Е.В. Шелестюк [8], наблюдается воздействие со стороны синтаксиса за счет обращения к читателю. Воздействие усиливается также благодаря слову «*конечно*», что, по классификации И.А. Стернина [9], называется убеждением. Во втором примере употребляется фраза «*все знают*», которая также оказывает воздействие на читателя, так как подавляющее большинство здесь выступает как авторитет, значит, высказывание автора не должно подвергаться сомнению.

В другом задании обучающимся предлагается сопоставить приведенные отрывки статей с заголовками газет и журналов. Заголовки: *«Литературная газета»; газета «Сегодня»; газета «Спорт».* Фрагменты текста: «*…самый удобный вид транспорта в Москве – метро. Скоро в столице будет работать еще одна станция – «Парк Победы»…*»; «*…Познакомьтесь! Новая книга о России – «Россия сегодня». Автор – молодой писатель из Калуги…*». Таким образом, задание ориентировано на развитие способности определять основную мысль текста. Важно отметить, что здесь обозначена жанровая принадлежность текстов и положено начало формированию у студентов способности идентификации их в дальнейшем.

В третьем задании представлен еще один жанр публицистики – интервью корреспондента журнала «Столица» с известным рок-музыкантом Ильей Лагутенко. После прочтения студентам предлагается ответить на ряд вопросов относительно содержания текста: «*Кто такой Илья Лагутенко?»,* «*Кто его родители?»,* «*Чем он занимается сейчас?*» и т.д. Затем студентам дается задание написать статью в журнал под названием «*Известный музыкант Илья Лагутенко*».

Сам текст интервью, если оценивать его с точки зрения наличия имплицитной информации, наполнен рядом реалий. Помимо названий городов (*Москва, Лондон, Владивосток* и др.) здесь также упоминается название известной песни И. Лагутенко «*Владивосток 2000*». Таким образом, читатель должен обладать некоторыми знаниями, пресуппозициями для идентификации данного предмета. Естественно, когда в тексте инофон сталкивается с подобными реалиями, преподаватель демонстрирует этот предмет, и в дальнейшем студент при его обнаружении в другом тексте заведомо знает, о чем идет речь. Это способствует лучшему восприятию и пониманию текста.

Анализируя учебник «Дорога в Россию» для базового уровня, мы обнаружили большее количество заданий с опорой на публицистический текст.

Первое задание практически аналогично второму заданию из учебника для элементарного уровня: необходимо сопоставить тип источника информации (журнал, газета, книга и т.п.), его название со словосочетаниями, сообщающими краткую информацию об этом источнике: *Журнал «Театральная жизнь» пишет…»; «Телепередача «Музыка и мы» рассказывает...».* Фрагменты текста: *«о русской природе»; «о современном искусстве».* То есть в данном задании нужно по началу предложения распознать, на какую тему может содержать материалы тот или иной источник информации.

В другом задании по заголовку статьи (жанровая принадлежность текста обозначена) нужно определить, о чем пишут журналисты. Необходимо отметить упоминание в тексте отдельных реалий (*Малый театр, Белое море, МГУ),* имен известных личностей (*Борис Акунин, Вячеслав Зайцев* и др.). Привлекают внимание и такие морфологические средства языкового воздействия, как качественные прилагательные (*интересная* премьера, *удивительное* путешествие, *талантливый* теннисист).

Следующим жанром по частоте использования в учебнике «Дорога в Россию» является объявление. Практически во всех употреблены оценочные прилагательные: «отдам *умную добрую* собаку», «коллектив магазина вручит *необычный* подарок», «ЦМО приглашает на работу *опытного* преподавателя». Таким образом, представляется возможным обратить внимание студентов на данные примеры и подготовить почву для дальнейшего выявления и интерпретации имплицитной информации путем когнитивных операций (особенно в случае со словосочетанием «*необычный подарок»*).

Особого внимания в учебнике для базового уровня также заслуживает то, что в разделе «Тексты» вводится указание на

жанр и соответствующий источник информации: *«Фрагменты статей из московских газет»*.

В учебнике для первого сертификационного уровня (часть 1) количество публицистических текстов заметно увеличивается. Помимо объявлений и статей присутствует большое количество интервью, с которыми предполагаются разные виды работы. Так, например, студентам предлагается прочитать интервью («*Корреспондент газеты «Моя семья» встретился с известными в России людьми….»*) и сказать, какие темы в нем обсуждаются. Особый интерес представляет следующий вопрос: *«Правильные ли выводы сделал человек, слушавший этот диалог?»* и далее утверждение: *«Семья Стриженовых – идеальная семья»*. *С* одной стороны, студенты могут проверить это утверждение, обратившись к указанному фрагменту текста. Однако выражение «*идеальная семья*» заслуживает более детального рассмотрения в связи с элементарными различиями представлений о данном понятии в разных культурах. С этой точки зрения задания на выявление имплицитной информации имеют большое значение для лучшего понимания смысла текста.

В текстах объявлений, подобранных в заданиях учебника для первого сертификационного уровня, широко распространены различные актуализаторы имплицитности, выявление и анализ которых требуют совместной работы студента и преподавателя, например: *«Читайте наш журнал! Информация, размещенная в нашем журнале, поможет вам быстро найти хорошую работу», «Сказки, рассказы и стихи, любимые вами и вашими детьми»*. Однако задания нацелены только на получение информации.

Работа со статьями в разделе «Читаем газеты и журналы» представляет собой знакомство студентов с их содержанием и последующим ответом на вопросы. По результатам анализа текстов статей можно сказать, что их тематика определяет наличие и объем имплицитной информации. Так, статья «*Полетать на воздушном шаре*» содержит в себе ряд имплицитных актуализаторов: «*пролетите, как птица», «вам обязательно понравится», «вы никогда не забудете этот полет»*. В этом же задании студентам предлагается ответить на вопрос: *«Скажите, какая информация вас заинтересовала и почему?»*. Данный материал также требует работы с имплицитной информацией в тексте.

Отсутствуют также задания, направленные на выявление и интерпретацию морфологических актуализаторов имплицитности и в тексте статьи о московской писательнице Татьяне Устиновой.

В текстах данного уровня также встречаются устойчивые выражения, прецедентные феномены, которые нуждаются в отдельном рассмотрении [10], но не всегда в заданиях уделяется внимание их разбору: «многодетные семьи сейчас «*вышли из моды*», «*умная машина*», «*семейные традиции*», «*школьные годы чудесные*».

В учебнике для первого сертификационного уровня (часть 2) раздел «Читаем газеты и журналы» вводится на 8 уроке. На данном уровне среди жанров публицистического стиля преобладает интервью, появляются некоторые задания, нацеленные на выявление подтекста. Так, в одном из уроков студентам предлагается прочитать интервью с музыкантом Владимиром Спиваковым и выполнить следующее задание: «*Найдите в тексте данные словосочетания и объясните, как вы их понимаете: музыкант с большим будущим, твердо «держать» оркестр, создать атмосферу любви и уважения»*. Таким образом, здесь уделяется внимание не только прямой информации в тексте, но и той, что скрыта в указанных афористических выражениях.

Проведенный анализ учебника «Дорога в Россию» показал, что методика работы с публицистическими текстами в связи с их активным использованием в пособиях по РКИ нуждается в корректировке: необходимо вводить дополнительные задания по выявлению имплицитных актуализаторов и их семантизации.

Таким образом, роль публицистических текстов в методике преподавания русского языка как иностранного достаточно велика. Понять в полной мере смысл публицистического текста возможно, обратившись к его «надъязыковой» стороне, имплицитным смыслам, характеристикам, «неблагоприятным» для учебного процесса, чтобы избежать недопонимания. Тексты публицистического стиля не всегда просты, ориентированы скорее на подготовленного читателя, который обладает необходимыми пресуппозициями, получаемыми с опытом. Процесс интерпретации текста предполагает не только извлечение информации, но и осознанное применение полученной информации в новых коммуникативных условиях и ситуациях. Поэтому сформированность умения извлекать, понимать и интерпретировать имплицитные смыслы зависит от способности обучающегося проводить когнитивные операции, от его жизненного и языкового опыта, от наличия фоновых знаний, от лингвострановедческой подготовки и т.д. На занятиях по РКИ важ-

но учитывать все эти факторы и проводить соответствующую работу с обучающимися для полноценного и адекватного понимания публицистического текста. Умению понимать смысл, представленный в тексте имплицитно, следует обучать системно, активизируя в сознании говорящего различные когнитивные и языковые структуры, базирующиеся на фоновых знаниях.

### Список литературы

1. Добровольская М.Г. Понимание имплицитных смыслов газетных и журнальных текстов в практике преподавания РКИ: дис. … канд. пед. наук. (13.00.02) / М.Г. Добровольская; [Место защиты: Гос. ин-т рус. яз. им. А.С. Пушкина]. – Москва, 2011. – 174 с.

2. Вострякова Н.А. Особенности «Дороги в Россию» (методический анализ первой части учебного комплекса) / Н.А. Вострякова // Вестник ВГУ. Серия: Лингвистика и межкультурная коммуникация. – 2013. – № 1. – С. 227–230.

3. Барышева А.И. Имплицитность как свойство публицистического текста: на материале языка газеты: дис. … канд. филол. наук (10.02.01) / А.И. Барышева; [Место защиты: Башкир. гос. ун-т]. – Уфа, 2015. – 204 с.

4. Антонова В.Е. Дорога в Россию: учебник русского языка (элементарный уровень) / В.Е. Антонова, М.М. Нахабина, М.В. Сафронова, А.А. Толстых. – СПб.: Златоуст, 2011. – 344 с.

5. Антонова В.Е. Дорога в Россию: учебник русского языка (базовый уровень) / В.Е. Антонова, М.М. Нахабина, М.В. Сафронова, А.А. Толстых. – СПб.: Златоуст, 2011. – 256 с.

6. Антонова В.Е. Дорога в Россию: учебник русского языка (первый уровень) / В.Е. Антонова, М.М. Нахабина, М.В. Сафронова, А.А. Толстых. – СПб.: Златоуст, 2012. – 384 с.

7. Цыкунов И.В. Методика изучения и интерпретации медиатекстов в контексте обучения РКИ / И.В. Цыкунов // Язык и текст langpsy.ru. – 2015. – Т. 2, № 2. [Электронный ресурс]. – URL: http://psyjournals.ru/langpsy/2015/n2/Tsykunov.shtml (дата обращения 04.06.2018).

8. Шелестюк Е.В. Речевое воздействие: онтология и методология исследования: дис. ... д-ра филол. наук (10.02.19) / Е.В. Шелестюк; [Место защиты: Челябинский гос. ун-т]. – Челябинск, 2009. – 304 с.

9. Стернин И.А. Введение в речевое воздействие / И.А. Стернин. – Воронеж: Истоки, 2001. – 252 с.

10. Горовая И.Г. Роль прецедентных феноменов в формировании вторичной языковой личности / И.Г. Горовая, Н.Н. Горовая // Вестник Оренбургского университета. – 2015. – № 11 (172). – С. 51–56.

УДК 373.2

# ОРГАНИЗАЦИЯ ТРЕНИНГОВЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ГАРМОНИЗАЦИИ ОТНОШЕНИЙ МЕЖДУ ДЕТЬМИ СТАРШЕГО ДОШКОЛЬНОГО ВОЗРАСТА И РОДИТЕЛЯМИ (ЛИЦАМИ, ИХ ЗАМЕНЯЮЩИМИ)

**Бакаева О.Н., Гамова С.Н., Фаустова И.В.**

*ФГБОУ ВО «Елецкий государственный университет имени И.А. Бунина», Елец, e-mail: BakaevaON@yandex.ru*

Проблема отношений детей и родителей (лиц, их заменяющих) в семье остается одной из актуальных и значимых в современной психолого-педагогической науке. Это определяется, во-первых, позицией родителей в вопросах семейного воспитания, а во-вторых, ростом числа неблагополучных семей, что приводит к социальной и психологической дезадаптации как маленьких детей, так и подростков. Причина этого кроется в переменах, которые происходят сегодня в экономике, политике и социальной сфере. Осложнились не только материальные условия, но и духовная атмосфера семьи, возросла напряженность в общении родителей (лиц, их заменяющих) с ребенком, повысился уровень тревожности дошкольников, увеличились претензии со стороны родителей к своим детям в условиях современных социальных требований.. Взрослые члены семьи не всегда могут помочь им справиться с возникшими трудностями, а порой сами порождают тревожное состояние ребенка из-за отсутствия необходимых психолого-педагогических знаний и нерешенных личных проблем. Гармоничная семья является первичным и необходимым условием формирования разносторонней личности ребенка, оптимально удовлетворяющей свои жизненные потребности. В данной статье раскрывается понятие «гармоничные детско-родительские отношения» и предлагается система организации тренинговых занятий, направленных на гармонизацию семейных отношений между родителями (лицами, их заменяющими) и старшими дошкольниками, включающая в себя 10 занятий, строящихся на принципах: от простого к сложному, от близкого и далекому, от теории к практике, целенаправленность, доступность, достоверность, научность, систематичность и последовательность. Все тренинги носят форму групповой работы и предполагают проведение совместных занятий с детьми старшего дошкольного возраста и их родителями (лицами, их заменяющими).

**Ключевые слова: семейное воспитание, воспитание дошкольников в семье, детско-родительские отношения, гармонизация детско-родительских отношений, тренинговые занятия, организация тренинговых занятий**

# ORGANIZATION OF TRAINING SESSIONS ON HARMONIZATION OF RELATIONS BETWEEN PRESCHOOL CHILDREN AND THEIR PARENTS

**Bakaeva O.N., Gamova S.N., Faustova I.V.**

*Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Bunin Yelets State University», Yelets, e-mail: BakaevaON@yandex.ru*

The problem of relations between children and parents (persons who replace them) in the family remains one of the most relevant and important in modern psychological and pedagogical science. This is determined, first, by the position of parents to the issues of family education, and secondly, by the growth of the number of disadvantaged families, which leads to social and psychological maladaptation of both young children and adolescents. The reason for this lies in the changes that are taking place today in the economy, politics and social sphere. Not only material conditions, but also the spiritual atmosphere of the family were complicated, the tension in the communication of parents (persons replacing them) with the child increased, the level of anxiety of preschool children increased, the claims of parents to their children in the conditions of modern social requirements increased.. Adult family members are not always able to help them to cope with the difficulties, and sometimes they themselves cause a disturbing state of the child due to the lack of the necessary psychological and pedagogical knowledge and unresolved personal problems. A harmonious family is a primary and necessary condition for the formation of a multi-faceted personality of the child, which optimally meets their life needs. This article describes the concept of «harmonious parent-child relationship» and proposes a system of training sessions aimed at the harmonization of family relations between parents (persons replacing them) and older preschoolers, which includes 10 classes based on the principles: from simple to complex, from close and distant, from theory to practice, focus, availability, reliability, science, systematic and consistent. All trainings are in the form of group work and involve joint activities with children of preschool age and their parents (persons who replace them).

**Keywords: family education, preschool education in the family, parent-child relations, harmonization of parent-child relations, training sessions, organization of training sessions**

Для ребенка от рождения до 7 лет семья является целым огромным миром, в котором он живет, растет, развивается, осуществляет различные виды деятельности, действует с предметами и игрушками, трудится, делает новые открытия, учится любить близких, ненавидеть, радоваться, сочувствовать, переживать и пр. Будучи одним из главным членом семейного коллектива, он вступает в разнообразные отношения со взрослыми: родителями (лицами, их заменяющими) и прародителями, братьями и сестрами, оказывающими на него как положительное, так и негативное влияние. В зависимости

от детско-родительских отношений ребенок растет, с одной стороны, доброжелательным, открытым и общительным, а с другой, наоборот – тревожным, грубым, лицемерным и лживым. Согласно исследованиям А.Я. Варги, В.В. Столина, А.А. Шведовской и др. под родительскими отношениями понимаем «систему разнообразных чувств к ребенку, поведенческих стереотипов, практикуемых в общении с ним, особенностей восприятия и понимания его характера, личности и поступков» [1, с. 8]. Малыш приходит в этот мир беспомощным и беззащитным, его жизнь, здоровье и будущее целиком зависят от родителей (лиц, их заменяющих). Он верит в их бескорыстную любовь, доброе отношение и надеется на своевременную помощь, поддержку и защиту. Одна из самых значительных сил, с которой дети должны научиться справляться, – это стресс, вызываемый страхом и тревогой потери близких людей и отсутствия общения с ними. В настоящее время наблюдается значительное увеличение числа тревожных детей, отличающихся повышенным беспокойством, неуверенностью и эмоциональной неустойчивостью. Выделим некоторые причины детской тревожности: социальная нестабильность семьи; потеря (или угроза потери) взрослыми своей социальной позиции; неуверенность в себе и в завтрашнем дне; чувство вины за семью, обеспеченную хуже, чем у других (друзей, коллег, соседей, знакомых); стремление выместить негативные последствия на своих детях, жестокое обращение с ними и др. (К. Бютнер, М. Раттер и др.).

Проблема семейного воспитания привлекает внимание многочисленных ученых и практиков (Ю.П. Азаров, Т.В. Андреева, О.Л. Зверева, С.В. Ковалев, Т.А. Куликова, А.Е. Личко, А.С. Макаренко, Т.А. Маркова, А.И. Спиваковская, В.А. Сухомлинский, В.М. Целуйко, Л.Б. Шнейдер, Э.Г. Эйдемиллер и др.). При этом затрагиваются различные сферы детско-родительских отношений: особенности воспитания детей и поведенческие реакции родителей на их действия, характерные особенности личности ребенка как результат семейных воздействий, семейные роли и позиции, особенности личности родителей (лиц, их заменяющих), характер супружеских взаимоотношений и т.д. Для развития позитивных детско-родительских отношений взрослые должны обладать определенным уровнем знаний в области семейной педагогики и психологии (А. Адлер, А.Я. Варга, Ю.Б. Гиппенрейтер, В.М. Даринская, Х. Джайнотт, А.И. Захаров, Г.И. Репринцева, Е.В. Сидоренко, В. Сатир, Э. Фромм, А.А Шведовская, Э.Г. Юстицкий и др.).

Для полноценного развития личности дошкольника в семье должны складываться благоприятные условия, напрямую зависящие от сложившихся в семье детско-родительских отношений. С одной стороны, главным их проявлением является любовь, которая определяет доверие к малышу, радость и удовольствие от общения с ним, стремление к его защите и безопасности. С другой, они характеризуются требовательностью и контролем. Конфликт между ними вызывает самые сильные противоречия детско-родительских отношений в семье, а их гармонизация позволит повысить степень ее благополучия и создаст оптимальный психологический микроклимат в ней (В.М. Даринская, Г.И. Репринцева, Г. Хоментаускас и др.) [2–4]. Под гармоничными детско-родительскими отношениями, вслед за В.М. Даринской, понимаем «отношения, в основе которых лежит согласованность основных компонентов, входящих в их внутреннюю структуру, проявляющиеся в поведенческих реакциях, свидетельствующих об уравновешенном стиле общения по гуманным принципам, без ущемления интересов как родителей, так и детей» [2, с. 6].

В связи с этим была определена цель исследования – организация помощи семье в установлении гармоничных отношений между родителями (лицами, их заменяющими) и старшими дошкольниками посредством системы совместных тренинговых занятий, служащих основным материалом и инструментарием гармонизации детско-родительских отношений в разных типах семей (полных и неполных; однодетные, малодетные и многодетные и др.). Представим этапы работы в таблице.

## Результаты исследования и их обсуждение

Опираясь на исследования И.М. Марковской, Н.В. Клюевой и Е.В. Шитовой, в систему тренингов были включены 10 циклов занятий, строящихся на принципах: от простого к сложному, от близкого и далекому, от теории к практике, целенаправленность, доступность, достоверность, научность, систематичность и последовательность. Все занятия носили только групповую форму работы с совместным участием родителей (лиц, их заменяющих) и детей [5–7]. Приведем пример проведенных тренинговых занятий:

1. «*Знакомство с родителями и детьми в круге*». Цель: знакомство участников друг с другом и с групповой формой работы.

2. *«Мы и наши дети в общении»*. Цель: создание группового единства. Тренинговое занятие предполагало проведение двух

упражнений: 1) «Имя», его цель заключалась в знакомстве с особенностями характера участников всей группы, подчеркивании их индивидуальности. Каждому участнику предлагалось назвать свое имя и охарактеризовать себя по первой его букве (например, Женя – жизнерадостный, Лена – ласковая, Ольга – остроумная и т.д.); 2) «Расскажи о своем ребенке», цель – составление рассказа об особенностях ребенка.

3. *«В лучах яркого солнца!»* Цель: адекватное оценочное принятие индивидуальности ребенка. Всем участникам раздавались рисунки солнца, разделенного на две части: первая половина требовала называния положительных качеств и достоинств, наблюдаемых у ребенка; вторая – качеств, которые хотелось бы видеть в ребенке. Было замечено, что при назывании положительные качества старших дошкольников у большинства родителей (лиц, их заменяющих) совпадают. А качества, которые они хотели бы видеть у своего ребенка, у них вызвали значительные затруднения. По мнению взрослых членов семьи, это объяснялось тем, что ребенку достаточно тех качеств, которые у него уже есть.

Впоследствии было предложено выполнить упражнение «Кукла». Цель: проследить, как часто в речи взрослых употребляется слово «Нельзя!». Родители, по очереди, говорили, что запрещается их ребенку (нельзя бегать, кричать, прыгать, размахивать руками, показывать пальцами, стучать ногами, топать и т.д.), и одновременно кукле завязывались ленточками ноги, руки и т.д. В итоге вся кукла оказалась перевязанной с ног до головы. В связи с этим был сделан вывод о том, что мы невольно «связываем» детей, требуя от них выполнения инструкций и требований.

4. *«Ассоциации».* Цель: принятие индивидуальности ребенка. Все что требовалось – прослушать задание и постараться записать первые впечатления и образы, которые пришли в голову.

5. *Тренинг, направленный на совместное занятие с родителями и их детьми*. Цель: знакомство с детьми, описание родителей «глазами» детей, определение «узких» зон взаимопонимания между родителями и детьми, создание ситуаций взаимодействия и сотрудничества. Первоначально участникам было предложено ответить на вопрос: «Кто здесь собрался?». Дети и взрослые придумывали разные варианты ответов (люди, друзья, знакомые, мамы и дети, соседи, коллеги и т.д.). Затем знакомились с детьми, просили каждого по очереди назвать имя и рассказать о своей маме (папе), для того, чтобы угадать по описанию, кто из присутствующих – его родители. Ответы должны быть наиболее полными, чтобы угадать, о ком идет речь. При этом задавались наводящие вопросы: «Какая твоя мама?», «Что она любит делать?», «Что ей нравится?», «Что ей не нравится?» и др. Дети называли, кто, по их мнению, самый заботливый родитель, самый ответственный человек, самый веселый, самый большой выдумщик, самый трудолюбивый, самый добрый и пр. После этого следовало еще раз повторить все имена участников тренинга, с цель их запоминания.

Этапы организации совместных тренинговых занятий

| № п/п | Этап | Цель | Содержание работы |
|---|---|---|---|
| 1 | От прошлого к настоящему | Осознавать свои чувства и эмоции в данный момент, сосредотачивать внимание на настоящем | Умение делиться своими чувствами и эмоциями, выражать ожидания от предстоящего занятия |
| 2 | Повторение | Делиться новым опытом взаимодействия с ребенком в ходе выполнения домашнего задания (игровых ситуаций, упражнений), делать выводы | Закрепление пройденного материала, умение делиться удачами и неудачами, достижениями и трудностями в выполнении домашних заданий. Ответ на вопрос об изменениях в отношениях с ребенком |
| 3 | Информация | Получить новую информацию и расширить представления родителей о семейном воспитании | Обсуждение интересующих родителей вопросов, знакомство с новой информацией по данным вопросам |
| 4 | Закрепление | Закрепить полученные знания в общении с ребенком | Участие в выполнении и обсуждении ситуаций, упражнений и игр |
| 5 | Интеграция | Связать новый опыт с реальной жизнью | Обсуждение и анализ конкретных ситуаций реальной жизни, в которых можно использовать приобретенный опыт |
| 6 | Присоединение к будущему | Наметить дальнейшие шаги действия | Определение шагов, которые можно сделать в применении нового опыта |

С детьми и их родителями проводились две игры: 1) «Угадай, у кого конфета», цель – выявить наиболее «подозрительных» личностей в группе; 2) «Угадай, чьи это руки», цель – установление близких отношений детей и родителей, закрепление атмосферы доверия и дружелюбия в коллективе.

6. *Совместный анализ ситуаций.* Цель: сближение родителей (лиц, их замещающих) друг с другом, их раскрепощение, настраивание на дальнейшее общение, оказание помощи в решении схожих семейных проблем. В результате анализа ситуаций о гиперопеке или гипоопеке, проходившего в виде активной дискуссии, было установлено, что многие взрослые оказались против них. Но при этом ведут себя приблизительно так же, как и в предложенных ситуациях, не задумываясь о последствиях.

7. *«Сказкотерапия».* Цель: оказание помощи родителям в понимании и осознании вреда чрезмерной опеки (гиперопеки), объяснение ошибок и направление на курс их избегания. Детям и родителям была предложена сказка «Птенец», помогающая дать оценку роли в семье, осмыслить ее и попытаться выйти на новый уровень взаимоотношений «Родитель – Ребенок».

8. *«Полярности – «нападающие» и «защищающиеся».* Цель: понимание конфликтных сторон и получение опыта активного отстаивания своей точки зрения. Игра проводится для того, чтобы родители почувствовали себя «в шкуре ребенка», который отстаивает свои интересы и взгляды.

9. *«Наказание и поощрение».* Цель: повышение психолого-педагогической компетентности родителей и умелое применение методов наказания и поощрения в семейном воспитании. Для того, чтобы настроить родителей на общение и создать у них положительный эмоциональный тон, включалась легкая классическая музыка. Перед тем как приступить к работе, был проведен небольшой эксперимент. Предлагалось родителям (лицам, их заменяющим) разбиться на пары и выполнить задания, поругать и похвалить друг друга. А после этого ответить на примерные вопросы: «Как вы себя чувствовали в процессе выполнения упражнения?», «Что было легче – хвалить или ругать?» и др.

В следующем задании рассказывалось о проблемах, которые возникают в процессе общения родителей с детьми, была прочитана мини-лекция на тему: «Методы семейного воспитания: поощрение и наказание», в процессе которой обращалось внимание родителей на следующие положения: «Если ребенок чувствует поддержку, он учиться быть уверенным в себе», «Если он живет в атмосфере враждебности, он учится драться», «Если ребенок чувствует одобрение, он учится уважать себя». Лекция предполагала подведение итога о том, что наказание и поощрение – это два основных метода семейного воспитания. В их применении следует знать меру и не «перегибать палку». «Наказание – очень трудная вещь; оно требует от воспитателя огромного такта и осторожности», – подчеркивал А.С. Макаренко. То же самое следует сказать и в отношении поощрения. А.С. Макаренко советует родителям использовать поощрения нечасто, а к наказаниям вообще не прибегать без особой на то необходимости. Были даны следующие рекомендации:

1) Помните, что дети не должны постоянно находиться под страхом вашего гнева и наказания.

2) Старайтесь вести себя в соответствии с ситуацией: проявлять либо требовательность, либо снисходительность.

3) Р. Дрейкурс сказал: «Детям нужно поощрение, как растению вода». Поощрение дает детям информацию о том, что они достаточно хороши такие, какие есть на самом деле.

4) Как можно чаще говорите «ободряющие» и «подбадривающие» слова, позволяющие детям быть уверенными в том, что их уважают и ценят за уникальность без всяких рассуждений.

10. *Тренинг взаимодействия родителей с детьми.* Цель: гармонизация детско-родительских отношений в семье. Проводились следующие игры: 1) «Ладошки», цель – создание положительной атмосферы, повышение самоценности родителей и детей, развитие доверия между ними. Сидя или стоя на расстоянии вытянутых рук с закрытыми глазами, по команде руки родителей и детей должны были «найти друг друга», познакомиться и выполнить какое-либо действие (проявить симпатию, потанцевать, подраться, помириться, попрощаться и т.д.). У детей данный вид тренинга вызвал бурю положительных эмоций, независимо от этапов его прохождения. Родители же сказали, что данное занятие помогает стать ближе к ребенку, почувствовать его простыми прикосновениями, которым в обычной жизни не уделяется должного внимания. 2) «Водитель», цель – создание положительной атмосферы, развитие доверия между детьми и родителями, осознание необходимости оказания помощи и поддержки друг другу. Осуществлялось свободное передвижение по аудитории парами, при этом один участник должен находиться за спиной у другого, направляя его за плечи. Глаза «направляемого (ведомого)» закрыты, он должен полностью довериться своему «водителю» в том, чтоб их пара не

столкнулась с другой. Через несколько минут участники менялись местами. 3) «Совместный рисунок», цель – совместное выполнение деятельности, создание ситуаций взаимодействия и сотрудничества. Детям и родителям было предложено по очереди создать одной рукой карандашом или фломастером совместный рисунок, соблюдая условие – нельзя договариваться и разговаривать друг с другом. После того, как все закончили рисовать, каждая пара представляла свой рисунок. Ребенок рассказывал, кто (что) нарисован, кто являлся инициатором идеи. Было замечено, что все участники интересно и живо представляли свой «шедевр». А вот инициаторами идей в основном были дети. Следует отметить, что было занимательно наблюдать за совместной деятельностью детей и родителей, когда они без помощи речи, без криков и упреков просто понимали друг друга, догадывались о мыслях другого, радовались тому, что получалось. Считаем, что это не что иное, как совместная победа над собой.

Завершающим этапом тренинговых занятий было проведение итоговой дискуссии с родителями (без присутствия детей), в процессе которой они делились своими воспоминаниями из их детства. Задавались уточняющие вопросы типа: «В какие игры играли?», «Как вели себя?», «Ругались ли на родители?», «Обижались ли они?», «Чего боялись?», «Что любили?», «Что в мире взрослых тогда казалось непонятным и загадочным?». Все взрослые охотно делились своими воспоминаниями. И в большинстве своем они больше всего боялись наказаний родителей, безумно на них обижались, злились и кричали. Тогда, как они признались, не понимали взрослых и не осознавали того, как можно кричать на маленького ребенка.

**Выводы**

Проведенные совместные тренинговые занятия вызвали эмоциональный отклик у взрослых и детей старшего дошкольного возраста. Тренинги позволили родителям (лицам, их заменяющим) задуматься о том, что дети проходят весь путь, который прошли они в своем детстве. И сейчас, в процессе организованной работы, они, уже умудренные опытом, вернулись в свое детство, вспомнили, какими были, как вели себя, на что обижались, чему радовались и огорчались, что их расстраивало и т.д. Им выпала уникальная возможность взглянуть на детские проблемы по-новому. Считаем, что подобная система работы позволит взрослым членам семьи наладить и урегулировать взаимоотношения со своими детьми, что будет способствовать гармонизации детско-родительских отношений в семье.

**Список литературы**

1. Шведовская А.А. Особенности переживания детско-родительских отношений и взаимодействие с родителями детей старшего дошкольного возраста: автореф. дис. … канд. пед. наук. – Москва, 2006. – 18 с.

2. Даринская В.М. Гармонизация детско-родительских отношений средствами групповой работы: автореф. дис… канд. пед. наук. – Воронеж, 2002. – 16 с.

3. Репринцева Г.И. Гармонизация детско-родительских отношений / Г.И. Репринцева // Дошкольное воспитание. – 2008. – № 12. – С. 16–21.

4. Хоментаускас Г. Семья глазами ребенка. Дети и психические проблемы в семье / Г. Хоментаускас. – Екатеринбург: У-Фактория, 2017. – 192 с.

5. Марковская И.М. Тренинг взаимодействия родителей с детьми / И.М. Марковская. – СПб.: Речь, 2012. – 150 с.

6. Клюева Н.В. Психолог и семья: диагностика, консультации, тренинг / Н.В. Клюева. – Ярославль: Академия развития, Академия Холдинг, 2016. – 187 с.

7. Работа с родителями: практические рекомендации и консультации по воспитанию детей 2–7 лет / авт.-сост. Е.В. Шитова. – 2-е изд. – Волгоград: Учитель, 2018. – 169 с.

УДК 372.881.161.1:378.147.227

# СОПОСТАВИТЕЛЬНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ МЕСТОИМЕНИЙ В РУССКОМ ЯЗЫКЕ И ХИНДИ ПРИ ОБУЧЕНИИ РУССКОМУ ЯЗЫКУ КАК ИНОСТРАННОМУ

**Балтаева В.Т., Евдокимова А.Г.**

*ФГБОУ ВО «Казанский государственный медицинский университет» Министерства здравоохранения Российской Федерации, Казань, e-mail: b-vnera@mail.ru, g-alba67@mail.ru*

Сравнительно-типологический анализ используется в практике обучения неродному языку на уровне языкового минимума. Он позволяет выявить явления не только общие в сопоставляемых языках, но и частично совпадающие, а также полностью отсутствующие в родном языке обучаемых. Совпадающие явления представляют в процессе обучения транспозиционный материал, имеющие расхождения или полностью отсутствующие – интерференционный. В качестве сопоставляемого языка мы будем рассматривать хинди, поскольку-преподавание русского языка как иностранного ведется в группах студентов из Индии и знание особенностей хинди позволит решать, какие явления русского языка возможно представить ознакомительно, а какие – отрабатывать специально. В статье описывается сопоставительный анализ русского местоимения и соответствующих ему лингвистических единиц языка хинди с точки зрения классификационных характеристик соответствия местоимения именным частям речи – существительному, прилагательному и числительному – и распределения разрядов местоимений по соответствующим группам. Грамматические категории местоимений-существительных, местоимений-прилагательных и местоимений-числительных имеют существенные отличия в обоих языках. Например, притяжательные местоимения в хинди включены в разряд местоимений-существительных и местоимений-прилагательных, тогда как в русском – только в разряд местоимений-прилагательных. Местоимения-прилагательные в хинди указывают в речи и на прилагательные, и на порядковые числительные. Кроме того, представлен материал об особенностях словоизменения видов местоимений в языке хинди в категориях рода, числа и падежа: местоимения-существительные склоняются по типу личного местоимения, соответствующего формам 3-го лица русских местоимений ‘он’, ‘она’, причем формы косвенного и объектного падежей у них совпадают, а некоторые относительные и вопросительные местоимения не имеют форм множественного числа. В особую группу в языке хинди включены составные местоимения, которые в зависимости от значения могут входить в любую группу. Некоторые составные местоимения хинди не имеют эквивалентов в русском языке. Сопоставительные характеристики местоимений в русском языке и хинди могут быть полезны при изучении русского языка как иностранного в студенческой аудитории из Индии.

**Ключевые слова: обучение, иностранная аудитория, неродной язык, местоимение, язык хинди, русский язык, транспозиция, интерференция, падеж**

# COMPARATIVE CHARACTERISTICS OF PRONOUNS IN THE RUSSIAN LANGUAGE AND HINDI WHILE TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE

**Baltayeva V.T., Evdokimova A.G.**

*Kazan State Medical University Ministry of healthcare of the Russian Federation, Kazan, e-mail: b-vnera@mail.ru, g-alba67@mail.ru*

Comparative-typological analysis is used in the practice of teaching non-native language at the level of the linguistic minimum. It makes it possible to identify facts common in the languages being compared, partially coinciding and completely absent in the native language of the trainees. It makes possible to identify facts common the compared languages but also partially coinciding and completely absent in the native language of the trainees. Coincident facts represent, in the process of learning, a transpositional material that has discrepancies or is completely absent – interference. Contrary to the established tradition in the methodology of comparison as the source, we consider the language of Hindi, since knowledge of its particular features will allow the teacher to decide what information of the Russian language can be presented familiarizingly, and which ones to work out specially. The article describes a comparative analysis of the Russian pronoun and the corresponding linguistic units of the Hindi language system from the point of view of the classification characteristics of the pronoun’s correspondence to the nominal parts of speech – the noun, adjective and numerals, and the distribution of pronouns in the corresponding groups. Grammatical categories of pronouns-nouns, pronouns-adjectives and pronouns-numerals reveal significant differences in both languages. Thus, the possessive in the Hindi language is included in the category of pronouns-nouns and pronouns-adjectives, whereas in Russian-only in the category of pronouns-adjectives. Hindi pronouns-adjectives indicate in speech and adjectives, and ordinal numerals. In addition, a material is presented on the peculiarities of the inflection of the types of pronouns in the Hindi language in the categories of gender, number and case: pronouns-nouns are leaning in accordance with the type of personal pronoun corresponding to the forms of the 3rd person of Russian pronouns ‘he’, ‘she’, and the forms of indirect and object cases are the same, some relative and interrogative pronouns do not have plural forms. A special group in the Hindi language includes compound pronouns, which, depending on the meaning, can be included in any group. Some compound Hindi pronouns do not have equivalents in the Russian language. The description of Hindi pronouns can be useful in creation a program for studying the Russian pronoun in a foreign audience.

**Keywords: education, foreign audience, not native language, pronoun, Hindi language, Russian language, transposition, interference, case**

Язык как важнейшее средство общения неразрывно связан с обществом, его культурой, людьми, которые пользуются языком широко и разнообразно. В настоящее время в научной и публицистической литературе серьезное внимание уделяется изучению языка как системы, отражающей взаимодействие разных народов. Речь

пойдет об изучении системы русского языка иностранными учащимися, в частности носителями хинди, обучающимися в российских вузах. Нет нужды обосновывать необходимость знания языка территории проживания, так как для каждого человека это очевидно: жить в социуме и быть свободным от него – невозможно. Так и иностранные граждане испытывают необходимость в овладении навыками владения русской речью как основы языка-посредника. В этом плане задача преподавателя русского языка как иностранного состоит в совершенствовании методов и приемов обучения.

Использование родного языка учащихся – один из важнейших методических принципов обучения РКИ [1, с. 17–18]. Что касается специфики обучения иностранному языку, определяющим фактором в отборе учебного материала, последовательности его подачи, дозировке и формах работы над ним является рассмотрение соотношений явлений изучаемого и родного языков. Представленный анализ местоименных форм в двух языках базируется на сопоставлении таких категориальных значений, как классификация местоимений по типу именных частей речи, и затрагивает вопросы специфики словоизменения соответствующих грамматических единиц.

Таким образом, цель работы – используя сравнительно-типологический анализ русского местоимения и соответствующих ему лингвистических единиц языка хинди, выявить общее и различное в классификационных характеристиках соответствия местоимения именным частям речи – существительному, прилагательному и числительному; а также изучить распределение разрядов местоимений по соответствующим группам в обучении русскому языку как иностранному. Вышесказанное позволит выявить явления не только общие в сопоставляемых языках, но и частично совпадающие, а также полностью отсутствующие в родном языке обучаемых. Совпадающие явления представляют в процессе обучения транспозиционный материал, имеющие расхождения или полностью отсутствующие – интерференционный.

В зависимости от характера изменений и связей с другими словами в предложении местоимения в хинди так же, как и в русском языке, делятся на: 1) местоимения-существительные; 2) местоимения-прилагательные; 3) местоимения-числительные. В отдельную категорию можно отнести местоимение *Вы* «आप», которое носит название «почтительная». Этимологически это местоимение возвратное. Выражение же почтения – одна из его особых функций. Почтительная форма местоимения *Вы* употребляется во втором и в третьем лице, поэтому оно должно быть отнесено в разряд местоимений-существительных [2, с. 100]. Очень часто одно и то же местоимение, в зависимости от своей функции в предложении, может выступать и как местоимение-существительное, и как местоимение-прилагательное, например: कौनहै? ‘кто?’, कौनआदमीहै? ‘что за человек?’, एसोंको ‘таким’, ‘таких’, ऐसेलोग ‘такие люди’.

*Местоимения-существительные* указывают в речи на предмет, лицо или явление. К ним относятся: все личные местоимения, указательные местоимения ऐसा и वैसा, вопросительные местоимения कोन и क्या, возвратное местоимение, относительное местоимение जो, притяжательное местоимение अपना (в функции возвратного), определительные местоимения सब, हर, प्रत्येक, а также неопределенные местоимения कोई и कुछ.

*Местоимения-прилагательные* указывают в речи на признак предмета и порядок при счете. К ним относятся: указательные (кроме इतना и उतना), вопросительные (кроме कतिना), притяжательные, относительные (за исключением जतिना), определительные и неопределенные местоимения कोई и कुछ.

*Местоимения-числительные* указывают в речи на количество. К ним относятся: указательные इतना и उतना, вопросительное कतिना, относительное जतिना, неопределенные कई, चंद и बाज़. [3, с. 87].

Вопросительные местоимения कौन ‘кто?’ и क्या ‘что?’ как местоимения-существительные склоняются по типу личного местоимения यह ‘он’, ‘она’, причем формы косвенного и объектного падежей указанных местоимений совпадают (табл. 1).

Как местоимения-прилагательные вопросительные местоимения कौन ‘что за?’, क्या ‘какой?’ изменяются по типу указательного местоимения यह‘этот’, ‘эта’, то есть имеют два падежа: прямой и косвенный. У местоимений कौनи क्या формы косвенного падежа совпадают (табл. 2).

Как местоимение-существительное относительное местоимение जो ‘кто’, ‘что’, ‘который’ имеет три падежа: прямой, косвенный и объектный. Оно склоняется по типу личного местоимения यह ‘он’, ‘она’ (табл. 3).

Местоимению जो как местоимению-прилагательному свойственны два падежа: прямой и косвенный (табл. 4).

Относительные местоимения जो, क्या, कैसे, कौन ‘кто’, ‘что’, ‘какой’, ‘который’, कौन ‘какой’ и कतिना ‘сколько’ употребляются для связи предложений.

**Таблица 1**

Склонение вопросительных местоимений

| Падеж | Единственное число | Множественное число |
|---|---|---|
| Прямой | कौन ‘кто’, क्या ‘что’ | कौन ‘кто’, क्या ‘что’ |
| Косвенный | किस,किस | किन,किन |
| Объектный | किसे ‘кому’, ‘кого’ | किन्हें ‘кому’, ‘кого’ |
| | किसे ‘чему’, ‘что’ | किन्हें‘чему’, ‘что’ |

**Таблица 2**

Склонение вопросительных местоимений ‘что за?’, ‘какой?’

| Падеж | Единственное число | Множественное число |
|---|---|---|
| Прямой | कौन ‘что за’, ‘какой’<br>क्या ‘что за’, ‘какой’ | कौन ‘что за’, ‘какие’<br>क्या ‘что за’, ‘какие’ |
| Косвенный | किस, किस | किन, किन |

**Таблица 3**

Склонение относительного местоимения जो ‘кто’, ‘что’, ‘который’

| Прямой падеж | | Косвенный падеж | Объектный падеж |
|---|---|---|---|
| единственное число | जो ‘кто’, ‘что’, ‘который’ | जिस | जिसे ‘кому’, ‘кого’, ‘чему’, ‘что’, ‘которому’, ‘которого’ |
| множественное число | जो ‘кто’, ‘что’, ‘которые’ | जिन, जिन्हे<br>(с послелогом ने) | जिन्हे ‘кому’, ‘кого’, ‘чему’, ‘что’, ‘которым’, ‘которых’ |

**Таблица 4**

Склонение относительного местоимения जो ‘какой’, ‘который’

| Прямой падеж | | Косвенный падеж |
|---|---|---|
| единственное число | जो ‘какой’, ‘который’ | जिस |
| множественное число | जो ‘какие’, ‘которые’ | जिन |

В группу местоимений-прилагательных, как и в русском языке, входят определительные местоимения: आप ‘сам’, खुद ‘сам’, स्वयं ‘сам’, सारा ‘весь’, सब ‘все’, तमाम ‘весь’, ‘все’, समूचा ‘весь’, हर ‘каждый’, ‘всякий’, ‘любой’, प्रत्ति ‘каждый’, प्रत्येक ‘каждый’, ‘всякий’, ‘любой’. Определительное местоимение सब ‘все’, как местоимение-существительное, имеет два

падежа: прямой (सब) и косвенный (सबों). Довольно часто оно употребляется с послелогами и в словарной форме, например: सबको ‘всем’, ‘всех’, सबकेसाथ ‘со всеми’. Как местоимение-прилагательное सब не изменяется, например: सबलोगोंकेलिए ‘для всех людей’. Определительные местоимения आप, खुद, स्वयं ‘сам’, तमाम ‘весь’, ‘все’, हर, प्रत्येक, प्रत्येक ‘каждый’, ‘всякий’ форм словоизменения не имеют. Местоимения सारा и समूचा ‘весь’ имеют два падежа: прямой и косвенный. Словоизменение этих местоимений аналогично склонению местоимений मेरा ‘мой’, ऐसा ‘такой’, इतना ‘столько’ и т.п., например: सारा, सारे, सारी. Из всех названных местоимений только सब может употребляться как в определительных сочетаниях, так и самостоятельно, например: सबलोग ‘все люди’, सबउपस्थितहैं ‘все присутствуют’. Остальные местоимения употребляются лишь в функции определения. Местоимения आप, खुद, स्वयं могут определять как существительные, так и местоимения, а местоимения तमाम, समूचा, सारा, हर – только существительные. Местоимение प्रत्येक ‘каждый’ обычно используется в сочетаниях, имеющих значение наречия, например: दैनिक ‘ежедневно’, व्यक्तिगत, प्रतिव्यक्ति ‘человечно’, ‘задушевно’. Местоимения प्रत्येक, दैनिक, व्यक्तिगत, प्रतिव्यक्ति, निश्चितिशब्दकेसमक्षरखा ставятся перед определяемым словом, а местоимения औरसर्वनाम и आमतौरपरउसकापीछा обычно следуют за ним. Местоимения सर्वनाम и निश्चितिशब्दकेसमक्षरखा могут быть расположены либо перед определяемым словом, либо после него. Примеры: मैंअपनेआपको ‘я сам’, अन्तरीपों ‘мы сами’, यहसब ‘всё это’, (प्रत्येक, सब,सभी) सभीलोगोंको ‘все люди’, (प्रत्येक, सब) हरआदमी ‘каждый человек’.

Неопределенные местоимения, कोई имеет два падежа: прямой (कोई) и косвенный (किसी) обычно общий для обоих чисел, например: किसीकिताबमें ‘в какой-то книге’, किसीकिताबोंमें ‘в каких-то книгах’. Изредка употребляется и форма косвенного падежа множественного числа этого местоимения किन्हीं, например: किन्हींशब्दकेबिना ‘без каких-либо слов’ कुछ ‘что-нибудь’, ‘несколько’ и चंद ‘несколько’ форм словоизменения не имеют. कई и बाज़ ‘несколько’ в определительной функции не изменяются, например: कईविद्यार्थीयोंकेलिए ‘для нескольких студентов’. При самостоятельном употреблении в косвенном падеже часто имеют форму कइयों, बाज़ों например: कइयों, (बाज़ों) को ‘нескольким’, ‘нескольких’ [4, с. 53].

Исчисляемые имена существительные, сочетаясь с местоимениями सब и तमाम, всегда употребляются во множественном числе, с местоимениями हर, प्रति, प्रत्येक – в единственном числе. Местоимение प्रति ‘каждый’ обычно используется в сочетаниях, имеющих значение наречия, например: प्रतिदिन ‘ежедневно’, प्रतिव्यक्ति ‘человечно’, ‘душевно’. Местоимения तमाम, समूचा, सारा, हर, प्रति, प्रत्येक ставятся перед определяемым словом, а местоимения आप и स्वयं обычно следуют за ним. Местоимения खुद и सब могут быть расположены либо перед определяемым словом, либо после него. Примеры: मैंआप ‘я сам’, हम, खुद ‘мы сами’, यहसब ‘всё это’, (प्रत्येक, समूचे, सारे) लोग‘ все люди’, (प्रत्येक, सब) हरआदमी ‘каждый человек’.

Неопределенные местоимения употребляются как в сочетаниях, где они всегда ставятся перед определяемым словом, так и самостоятельно. Местоимения कई, चंद и बाज़ сочетаются только с исчисляемыми существительными, а местоимения कोई и कुछ – с исчисляемыми и неисчисляемыми. Исчисляемые имена существительные при определении их местоимениями कुछ, कई, चंद и बाज़ всегда употребляются во множественном числе, например: कुछकिताबें ‘немного книг’, कईलड़कों (लड़कियों ‘несколько мальчиков (девочек)’.

Составные местоимения стоят отдельной группой. По значению их можно отнести к тому или иному разряду. Но, в отличие от всех рассмотренных местоимений, они представляют собой не одно слово, а два или несколько. Составные местоимения могут использоваться самостоятельно и в сочетаниях слов [5, с. 9].

Они состоят:

а) из сочетаний местоимений जो ‘который’, सब‘все’,हर ‘каждый’, прилагательного और ‘другой’, ‘иной’, ‘еще’ с неопределенными местоимениями कोई ‘кто-нибудь’, ‘кто-то’ и कुछ‘что-нибудь’, ‘несколько’: जोकोई ‘кто бы ни’, ‘какой бы ни’, ‘любой’; सबकोई ‘все’, ‘каждый’, ‘всякий’; औरकोई(कोईऔर) ‘кто-нибудь другой’; जोकुछ ‘все, что’, ‘все то, что’, ‘чтобы ни’; सबकुछ ‘все’; औरकुछ (कुछऔर) ‘еще немного’, ‘что-нибудь еще’, ‘немного еще’, ‘еще что-нибудь’;

б) из сочетаний неопределенных местоимений कोई и कुछ с числительным एक ‘один’ или с частицей भी कोईएक ‘кто-то’, ‘кое-кто’; कोईभी ‘кто бы ни’, ‘любой’; कुछएक ‘что-то’, ‘немного’; कुछभी ‘что-нибудь’, ‘что бы ни’;

в) из сочетания определительного местоимения हर с числительным एक ‘один’: हरएक ‘каждый’, ‘всякий’;

г) из повторения неопределенных местоимений कोई икуछ с отрицательной частицей न ‘не’:कोईनकोई ‘кто-нибудь’,

‘кто-либо’, ‘тот или другой’, कुछनकुछ ‘что-нибудь’, ‘кое-что’, ‘то или другое’;

д) из повторения неопределенных местоимений कोई и कुछ:कोई, कोई ‘кто-нибудь’, ‘кое-кто’, ‘кое-какой’, ‘какой-нибудь’, कुछकुछ ‘что-нибудь’, ‘немного’.

Составные местоимения जोकोई ‘кто бы ни’, ‘какой бы ни’ имеют два падежа: прямой (जोकोई) и косвенный (जसिकसी). В других составных местоимениях, структурной частью которых является местоимение कोई, изменяется оно одно, например: सब и т.п. Все остальные составные местоимения никаким изменениям не подвергаются.

## Результаты исследования и их обсуждение

Грамматические категории местоимений-существительных, местоимений-прилагательных и местоимений-числительных имеют существенные отличия в обоих языках. Например, притяжательные местоимения в хинди включены в разряд местоимений-существительных и местоимений-прилагательных, тогда как в русском – только в разряд местоимений-прилагательных. Местоимения-прилагательные в хинди указывают в речи и на прилагательные, и на порядковые числительные. Кроме того, представлен материал об особенностях словоизменения видов местоимений в языке хинди в категориях рода, числа и падежа: местоимения-существительные склоняются по типу личного местоимения, соответствующего формам 3-го лица русских местоимений ‘он’, ‘она’, причем формы косвенного и объектного падежей у них совпадают, а некоторые относительные и вопросительные местоимения не имеют форм множественного числа. В особую группу в языке хинди включены составные местоимения, которые в зависимости от значения могут входить в любую группу. Некоторые составные местоимения хинди не имеют эквивалентов в русском языке. Сопоставительные характеристики местоимений в русском языке и хинди могут быть полезны при изучении русского языка как иностранного в студенческой аудитории из Индии.

## Заключение

Таким образом, выделенные нами некоторые грамматические особенности местоимений, рассмотренные в сопоставлении в языке хинди и в русском языке, помогут преподавателю русского языка как иностранного ориентироваться в выборе приемов обучения в группе студентов из Индии с целью достижения эффективности усвоения языковых единиц и грамматических конструкций.

## Список литературы

1. Чеснокова М.П. Методика преподавания русского языка как иностранного: учеб. пособие / М.П. Чеснокова. – 2 изд., перераб. – М.: МАДИ, 2015. – 132 с.

2. Гуру Камтапрасад Грамматика хинди / К. Гуру; [Пер. с хинди П.А. и Р.И. Баранниковых; Под ред. Б.А. Ларина]. – Ч. 1-2. – Изд. стер. – М.: УРСС, 2016. – (Языки народов мира). – 752 с.

3. Захарьин Б.А. Теоретическая грамматика языков хинди и урду: Фонология, морфология глагола, синтаксис главных членов предложения / Б.А. Захарьин. – Изд. 2, испр. и доп. – М.: УРСС, 2008. – (Языки народов мира). – 168 с.

4. Липеровский В.П. Хинди в зеркале русского языка (современный хинди в сопоставлении с русским языком) / В.П. Липеровский. – М.: Институт востоковедения РАН, 2012. – 376 с.

5. Самоучитель языка хинди: учебник языка хинди для начинающих. Русско-хинди разговорник / Н.Н. Лазарева. – М.: АСТ: Восток-Запад, 2008. – 333, [3] с. + прописи (тетрадь 1-4) + аудиокурс.

УДК 371.8.062.5

# ОТНОШЕНИЕ СТАРШЕКЛАССНИКОВ К ПЕДАГОГАМ КАК ПОКАЗАТЕЛЬ КАЧЕСТВА СОЦИАЛЬНО-ПЕДАГОГИЧЕСКОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**Безенкова Т.А., Слепухина Г.В., Степанова О.П.**

*ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: bezenkova@yandex.ru*

В статье рассматривается социально-педагогическая деятельность, которая обеспечивает создание ряда социокультурных условий социализации личности, а в целом формирование социальных качеств. Наиболее активно используемой технологией в этом процессе являются технологии воспитания, воздействия и взаимодействия. Отношение учащихся к педагогам как ведущим участникам социально-педагогической деятельности оказывает существенное влияние на ее результативность. Однако результаты проведенного исследования свидетельствуют о том, что учителя не являются значимыми субъектами общения для старшеклассников в решении личных проблем, при выборе будущей деятельности, а общение с ними не является для учащихся мотивирующим фактором; родители также не являются значимыми субъектами взаимодействия при решении личных вопросов учащихся. В результате опроса старшеклассников о том, какой образ учителя сформирован в их представлении, выявлено, что подавляющее большинство старшеклассников отмечает, что в первую очередь учитель должен быть добрым и отзывчивым, то есть умеющим найти подход к учащимся, понять и поддержать их в нужный момент. На второе место по значимости больше половины опрошенных старшеклассников ставят такие качества учителя, как ум, требовательность и уравновешенность.

**Ключевые слова: социально-педагогическая деятельность, педагогические технологии, взаимодействие старшеклассников и учителей, образ учителя**

# ATTITUDE OF OLD SCHOOLS TO TEACHERS AS A INDEX OF QUALITY OF SOCIAL AND PEDAGOGICAL ACTIVITY

**Bezenkova T.A., Slepukhina G.V., Stepanova O.P.**

*Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk, e-mail: bezenkova@yandex.ru*

The article deals with the socio-pedagogical activity that provides the creation of a number of socio-cultural conditions for the socialization of the individual, and in general the formation of social qualities. The most actively used technology in this process are technologies of upbringing, impact and interaction. The attitude of students towards teachers as leading participants in social and pedagogical activity has a significant impact on its effectiveness. However, the results of the study show that teachers are not important subjects of communication for high school students in solving personal problems, when choosing future activities, and communicating with them is not a motivating factor for students; parents are also not significant subjects of interaction in solving personal problems of students. As a result of the questioning of high school students about the teacher's image in their submission, it is revealed that the overwhelming majority of high school students note that, first and foremost, the teacher should be kind and sympathetic, that is, able to find an approach to the students, understand and support them in the right moment. In second place in terms of importance, more than half of the senior students questioned put such qualities of the teacher as intelligence, exactingness and poise.

**Keywords: social and pedagogical activity, pedagogical technologies, interaction of high school students and teachers, the teacher's image**

Современные социально-экономические условия обостряют необходимость в постановке и решении образовательными организациями ряда важных проблем, связанных с социальным становлением личности ребенка. Приоритетными являются: обеспечение эффективного взаимодействия с окружающим миром, формирование положительного социального опыта, социальная идентификация, воспитание ответственной социальной позиции и др. Это означает, что в своей деятельности педагог должен уметь применять психолого-педагогические и социально-педагогические технологии работы с различными категориями учащихся (одаренные дети, дети-мигранты, дети-сироты, дети с особыми образовательными потребностями и др.), оказывать им адресную помощь, разрабатывать (совместно с другими специалистами) и реализовывать программы индивидуального развития учащихся.

Научная новизна исследования состоит в том, что, опираясь на выявленные проблемы во взаимодействии педагогов и обучаемых и учет их потребностей, была обоснована возможность использования отношения старшеклассников к педагогам в качестве критерия эффективности социально-педагогической деятельности.

В.С. Торохтий рассматривает социально-педагогическую деятельность в двух уровнях – как часть социальной политики общества, как сложное социальное явление реализации обществом своих разнообразных возможностей и ресурсов для решения проблем социализации населения в определенный период его жизнедеятельности и как многоплановую и многоуровневую

активность специалистов педагогического профиля по развитию и удовлетворению разнообразных потребностей и интересов детей и взрослых по социальной адаптации, поддержке личностного развития, их социальной защите, подготовке к условиям конкуренции в современном обществе на основе использования потенциальных возможностей самого социума для разрешения текущих и хронических проблем личности или социальных групп [1, с. 45]. Социально-педагогическая деятельность включает процессы образования, обучения и воспитания, интериоризации и экстериоризации социокультурных программ и общественного наследия.

Исходя из этого, ее результатом будет являться улучшение или ухудшение социокультурных условий социализации личности, а затем формирование в личности определенного уровня социальных качеств, самосознания, самоопределения и самоутверждения.

Определить, насколько социально-педагогическая деятельность обеспечит достижение таких результатов, позволят критерии и показатели ее эффективности. Показателем эффективности является уровень адаптации и личностного развития личности, а в целом уменьшение дезорганизации в обществе. А это в свою очередь определяется набором технологий, применяемых в практике социально-педагогической деятельности. Поскольку социально-педагогическая деятельность обеспечивает развитие личности (как становление ее индивидуальности, так и закрепление традиционных для общества ценностей, убеждений, форм поведения), то она предполагает задействование таких педагогических технологий как технологии воспитания, воздействия и взаимодействия. Это позволяет нам говорить о том, что в основе социально-педагогической деятельности всегда находится общение человека с человеком, которое носит событийно-диалогический характер [2].

Исследования отечественных исследователей А.А. Бодалева, А.А. Леонтьева, И.А. Зимней, В.А. Кан-Калика, А.В. Мудрика, А.А. Реана, В.Д. Семенова и др., посвященные проблемам социально-педагогической деятельности, позволяют утверждать, что становление личности, формирование ее социальной активности, готовности к просоциальной активности в значительной мере обусловлены характером межличностного взаимодействия. При этом важно учитывать, основной характеристикой взаимодействия является наличие активности сторон, хотя мера их проявления может быть различна. И.А. Зимняя говорит об инициативной и реактивной активности личности. С инициативной позиции активность может быть преобразующей или сохраняющей, развивающей или разрушающей. С реактивной позиции, с позиции того, на кого оказывается воздействие, можно выделить активность принятия или непринятия; организации ответного воздействия, противостояния нежелательному воздействию или участия в совместном действии. Независимо от направленности действий, оба участника взаимодействия активны в тех действиях, которые они осуществляют.

Рассматривая в качестве участников социально-педагогической деятельности старшеклассников, следует учитывать, что характерной чертой юношества является личностное и профессиональное самоопределение, связанное с интенсивным освоением «взрослых» ролей и форм социальной жизни, а следовательно, возрастает значимость участия взрослых в решении основных задач учащихся этого возраста. Именно взрослые участники социально-педагогического процесса могут являться источниками компетентного совета или носителями эффективной модели поведения.

Цель исследования: изучение отношения старшеклассников к учителям как ведущим участникам социально-педагогического процесса и интенсивности взаимодействия с ними.

## Материалы и методы исследования

Исходя из того, что взрослый играет решающую роль в личностном развитии человека в ранней юности, важно уделить внимание взаимодействию старшеклассников и педагогов [3]. С целью изучения отношения старшеклассников к учителям как ведущим участникам социально-педагогического процесса и интенсивности взаимодействия с ними нами было проведено анкетирование (анкета «Исследование взаимодействия старшеклассников и учителей» В.Е. Ионовой). Для исследования представлений учителей, родителей и старшеклассников друг о друге была использована методика «5 качеств» Л.Б. Филонова. В исследовании приняли участие учащиеся 10–11 классов школ г. Магнитогорска.

## Результаты исследования и их обсуждение

На вопрос анкеты по поводу обращения за поддержкой и помощью в случаях возникновения затруднений старшеклассники ответили следующим образом: если учебный материал непонятен, то чаще обращаются за помощью к друзьям (45%), менее четверти самостоятельно разбирают материал (22%) или обращаются к учителю (18%), только 15% учащихся считают, что помощь могут оказать родители (рис. 1).

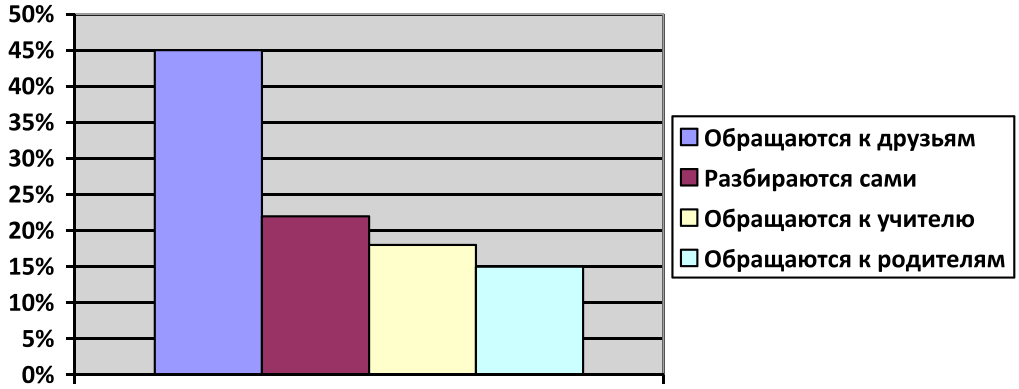



*Рис. 1. К кому Вы обращаетесь за поддержкой и помощью в случаях возникновения затруднений?*

Результаты свидетельствуют, что затруднения в учебе старшеклассники предпочитают обсуждать со сверстникам или решить свои проблемы самостоятельно. Несмотря на то, что учителя являются компетентными в тех вопросах, которые вызвали трудности в учебной деятельности, подавляющее количество учащихся к ним не обращаются. Можно предположить, что это может быть связано с характером взаимодействия, которое складывается в учебном процессе. Кроме того, и после занятий у 61% учащихся редко возникает желание общаться с учителем, а у 29% учащихся такое желание вообще не появляется.

60% старшеклассников признают, что среди их учителей есть авторитетные и компетентные людьми, общаться с которыми может быть интересно, только 10% старшеклассников, принявших участие в опросе, готовы обсуждать во внеурочное время с учителем свои личные проблемы, интересующие их темы, обращаться к ним с вопросами.

Полученные данные позволяют сделать вывод, что не только учителя, но и родители не являются значимым субъектом взаимодействия при решении личных вопросов учащихся. Наиболее предпочитаемым партнером для обсуждения личных проблем 70% учащихся выбирают сверстников и 20% предпочитают решать проблемы сами. Это еще раз подтверждает то, что старшеклассники не обращаются за помощью к взрослым, что может быть связано с отсутствием доверительных отношений с ними, неспособностью взрослых перейти на другой уровень общения с уже взрослыми детьми.

Такая же тенденция сохраняется при принятии решения о выборе будущей профессии. 25% старшеклассников обсуждают вопросы своего будущего со сверстниками и друзьями. 5% учащихся предпочитают принимать решения в будущей профессии самостоятельно. Однако, как свидетельствуют полученные результаты, тогда, когда требуются знания, ум и опыт взрослых для принятия верного решения в выборе своего профессионального будущего, так как своего жизненного опыта им часто не хватает, старшеклассники скорее всего примут совет сверстников. Сверстники же сами находятся в такой же возрастной группе, что и спрашивающие совета, поэтому результатом обсуждения может быть непродуманное решение, которое в полной мере не будет учитывать возможности старшеклассника и его семьи. Выбор будущей профессии также может диктоваться модой и популярностью профессии в настоящее время, а имеющийся жизненный опыт не позволяет старшеклассникам увидеть более полно положительные и отрицательные перспективы.

Несмотря на то, что учителя за годы обучения учащихся достаточно хорошо узнают их способности, возможности и личностные качества, которые важны для профессионального будущего, как показали результаты анкетирования, мнение учителей по поводу будущей профессии своих учащихся чаще всего их не интересует – только 5% учащихся считают, что следует прислушиваться к мнению учителя при определении профиля обучения и выборе будущей профессии.

Кроме того, несмотря на то, что проведение профориентационной работы в образовательных организациях приобретает особую актуальность, как показывает практика, педагоги зачастую оказываются неготовыми к ее проведению. Следствием этого является ее формальный характер или применение таких форм, которые не являются эффективными для учащихся.

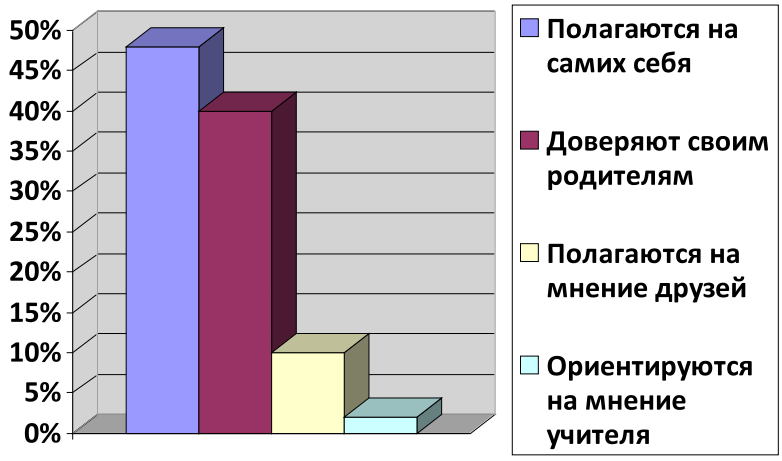



*Рис. 2. Чье мнение при принятии решений оказывается для Вас значимым?*

На вопрос о том, чье мнение при принятии решений оказывается значимым, ответы старшеклассников распределились следующим образом – 40 % учащихся полагаются на мнение своих родителей, воспринимая их как авторитет. 10 % старшеклассников считают мнение своих друзей значительнее мнения остальных субъектов взаимодействия. Только 2 % учащихся ориентируются на мнение учителя (рис. 2). Больше всего учащихся (48 %) принимают решения самостоятельно, полагаясь только на свое мнение. Одной из причин этого может быть отсутствие рядом взрослых и сверстников, с которыми сформировались доверительные отношения и со стороны которых старшеклассники чувствуют принятие и поддержку.

Таким образом, результаты исследования позволяют говорить о том, что учащиеся, сталкиваясь с личными проблемами или определяясь с выбором будущей профессиональной деятельности, не ориентируются на мнение учителей, не воспринимая их как значимых субъектов общения. Получается, что зачастую учителя как бы оторваны от жизни учащихся вне школы, не причастны к решению возникающих у них проблем, а те, в свою очередь, не стремятся общаться с учителями во внеурочное время. Причинами этого может быть формализованное общение, неумение выстраивать доверительные отношения с учениками, нежелание и отсутствие готовности учителей принять старшеклассников, учитывая их возрастно-психологические особенности. Эти причины не позволяют учителям увидеть трудные ситуации, в которых оказываются учащиеся, оценить степень их значимости для них и вовремя оказать поддержку. В свою очередь это создает чрезмерную дистанцию между учащимися и учителями, делая учебно-воспитательный процесс в целом менее продуктивным. К таким дистанцированным отношениям могут приводить не только личностные особенности учителей, но и психологические особенности старшеклассников, в частности, стремление к самостоятельности, независимости, ориентация на общение с человеком, которому доверяют, который готов выслушать и понять.

Важным условием, определяющим интенсивность и эффективность взаимодействия участников педагогического процесса, является то, каким каждый из них видит другого участника взаимодействия и какими качествами наделяет их образ. Для исследования представлений учителей, родителей и старшеклассников друг о друге мы использовали методику «5 качеств» Л.Б. Филонова.

Опрос старшеклассников показал, что для них в личности учителя наиболее важны такие качества, как доброта и отзывчивость. Они хотели бы видеть рядом с собой учителя, способного их понять и готового поддержать в нужный момент. Это должен быть человек, который видит в каждом личность и ценит ее.

Ум, требовательность и уравновешенность являются следующими в ранге значимых качеств. По мнению учащихся, требовательность должна быть основана на справедливом отношении к личности учащегося и его деятельности.

Далее старшеклассники выбирают коммуникабельность, профессиональную

компетентность, оптимизм. Это свидетельствует об оценочной позиции старшеклассников, которую они занимают во взаимоотношениях со взрослыми, и в первую очередь с учителями, ожидая от них уважения, умения регулировать свое эмоциональное состояние, профессионализма.

Порядка четверти опрошенных старшеклассников считают, что учитель должен быть справедливым, порядочным и честным человеком. Примерно такое же количество старшеклассников выделяют способность учителя доступно объяснять учебный материал, учитывая возможности учащихся. Малозначимыми для старшеклассников оказались такие качества, как выдержанность, ответственность, осведомленность не только в своем предмете, но и в других областях знаний, наличие чувства юмора, позволяющего в случае необходимости снизить напряжение в классе, переключить внимание учащихся.

Такие результаты представляются интересными, так как выбор старшеклассниками таких качеств, как «доброта», «отзывчивость», в большей степени свойственен учащимся более раннего возраста. В частности, Е.Е. Сапогова отмечает, что человеческие качества (умение понять, эмпатию) при оценке учителя ставят на первое место подростки. Тогда как для учащихся старших классов в отношениях с учителями на первый план выходят профессионально-педагогические качества, а уже на второе место они ставят человеческие качества [4]. Учитель, компетентный в своем предмете, владеющий методикой его преподавания, достаточно часто пользуется уважением, при этом эмоциональная близость с учениками и доверительные отношения с ними могут отсутствовать. Поведение учащихся на уроках учителя всегда является отражением отношения к нему как к личности. Следовательно, если уровень преподавания не соответствует возможностям учащихся, а стиль учебно-педагогической деятельности учителя не учитывает их индивидуальные характеристики, то это может быть причиной возникновения конфликтных ситуаций.

Данный факт подтверждается исследованиями В.С. Собкина и А.С. Фомиченко, в которых выявлено, что содержание и характер общения учителя с учениками оказывают значительное влияние и на включенность учащихся в учебную и внеучебную деятельность. Так, принимают активное участие в жизни школы и имеют высокий уровень успеваемости те ученики, которые оценивают свои отношения с учителем как положительные [5]. Там, где присутствуют уважение, вежливость и разделение ответственности, отношения в системе «учитель – ученик» рассматриваются как позитивные. Такое отношение учителя, в свою очередь, позволяет учащимся чувствовать себя защищенно, принимать требования к поведению в школе и в целом осознавать свою значимость. Можно предположить, что именно такое отношение учащегося к себе позволяет осознавать и принимать свои сильные стороны, использовать их в выстраивании взаимодействия со сверстниками и другими взрослыми.

В этой связи представляют интерес исследования Р. Рей, А. Смита и др., в рамках которых было выявлено, что школьники, имеющие более тесную связь с учителями, демонстрируют более низкие показатели эмоционального истощения, суицидальных мыслей, суицидального поведения, насилия и наркомании [5].

Учащиеся, воспринимающие отношения с педагогами как конфликтные и напряженные, стремятся их миминизировать, тем самым у них уменьшаются возможности проявления активности в сферах как учебной, так внеучебной деятельности. Уменьшить вероятность развития таких отношений в системе «педагог – ученик» позволит педагогическое мастерство, которое можно определить как совокупность знаний, определенных черт личности и способов умственной и практической деятельности учителя, которые обусловливают высокий уровень его профессионализма, способность оптимально решать педагогические задачи [6].

**Выводы**

Социально-педагогическая деятельность обеспечивает создание ряда социокультурных условий социализации личности, а в целом формирование социальных качеств. Существенное влияние на ее результативность оказывает отношения учащихся к педагогам как ведущим участникам социально-педагогической деятельности. Однако в настоящее время большая часть старшеклассников не рассматривают педагогов как людей, компетентных в интересующих их вопросах.

**Список литературы**

1. Торохтий В.С. Социально-педагогическая деятельность как средство реализации социального педагога на практике // Теория и практика социально-педагогической деятельности в современном социуме: материалы первой международной научно-практической конференции (Москва, 27–28 октября, 2011). – М.: Граница, 2011. – С. 45–48.

2. Неясова И.А. Формирование готовности магистров педагогического образования к социально-педагогической деятельности // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 5.; URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=21885 (дата обращения: 17.05.2018).

3. Слепухина Г.В., Степанова О.П., Серебрякова А.А. Критерии нравственного развития личности // Международная научная школа психологии и педагогики. – 2015. – № 2 (10). – С. 89–93.

4. Слепухина Г.В., Петушкова О.Г. Исследование образа субъектов образовательного процесса в аспекте нравственного воспитания старшеклассников // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 6.; URL: http://www.science-education.ru/130-23772 (дата обращения: 17.05.2018).

5. Собкин В.С., Фомиченко А.С. Влияние отношений между учителем и учеником на академические достижения учащихся // Управление образованием: теория и практика. – 2015. – № 3 (19). – С. 34–54. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-otnosheniy-mezhdu-uchitelem-i-ucheniком-na-akademicheskie-dostizheniya-uchaschihsya (дата обращения: 17.05.2018).

6. Камышева О.В. Профессиональный имидж современного учителя // Актуальные проблемы современногообщего и профессионального образования: сб. трудов II Всероссийской научно-практич. конференции (Магнитогорск, 17 октября 2016 г.). – Магнитогорск: Издательство Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова, 2016. – С. 27–31.

УДК 378.046.2

# О СОДЕРЖАНИИ ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ХИМИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ БАКАЛАВРОВ ТЕХНИКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ НАПРАВЛЕНИЙ В СОВРЕМЕННЫХ УСЛОВИЯХ

**[1]Вострикова Н.М., [2]Безрукова Н.П.**

*[1]ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Институт цветных металлов и материаловедения, Красноярск, e-mail: vnatali59@mail.ru;*

*[2]ФГБОУ ВО «Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева», Красноярск, e-mail: bezrukova@kspu.ru*

Цель исследования заключается в выявлении путей модернизации фундаментальной химической подготовки будущих бакалавров технико-технологических направлений на младших курсах университета в современных условиях. На основании анализа информационных источников под фундаментальной химической подготовкой на младших курсах университета нами понимается процесс освоения бакалаврами технико-технологических направлений наряду с фундаментальными химическими понятиями, законами, теориями, методами химической науки, методологических знаний, универсальных методов познания, обобщенных способов деятельности, результатом которого является развитое системное, критическое мышление, ценностное отношение к процессу познания, способность применять полученные знания при изучении специальных дисциплин, а также при решении задач в будущей профессиональной деятельности. Содержание фундаментальной химической подготовки будущих бакалавров технико-технологических направлений включает инвариантное ядро, состоящее из предметного и методологического инвариантов, а также вариативного компонента, формируемого в контексте будущей профессиональной деятельности бакалавра. Сделано заключение, что основными направлениями его реализации в современных условиях являются усиление деятельностной компоненты обучения за счет внедрения современных педагогических технологий обучения, в том числе технологий и моделей смешанного обучения, разработка образовательной среды, ориентированной на познавательные потребности, интересы обучающихся.

**Ключевые слова: фундаментализация, фундаментальное образование, фундаментальная химическая подготовка, подготовка бакалавров технико-технологических направлений**

# ON THE CONTENT OF FUNDAMENTAL CHEMICAL TRAINING OF BACHELORS OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL AREAS IN MODERN CONDITIONS

**[1]Vostrikova N.M., [2]Bezrukova N.P.**

*[1]Siberian Federal University, Institute of nonferrous metals and material science, Krasnoyarsk, e-mail: vnatali59@mail.ru;*

*[2]Krasnoyarsk State Pedagogical University n.a. V.P. Astafiev, Krasnoyarsk, e-mail: bezrukova@kspu.ru*

The purpose of the study is to analyze ways to modernize the fundamental chemical training of future bachelors of technical and technological areas at the Junior courses of the University in modern conditions. On the basis of the analysis of information sources under the fundamental chemical training at the Junior courses of the University we understand the process of development of bachelors of technical and technological areas, along with fundamental chemical concepts, laws, theories, methods of chemical science, methodological knowledge, universal methods of knowledge, generalized methods of activity, the result of which is a developed system, critical thinking, value attitude to the process of knowledge, the ability to apply the knowledge in the study of special disciplines, and also in solving problems in the future professional activities. The content of fundamental chemical training of future bachelors of technical and technological areas includes an invariant core consisting of the subject and methodological invariants, as well as a variable component formed in the context of future professional activities of the bachelor. It is concluded that the main directions of its implementation in modern conditions are strengthening of the activity component of training through the introduction of modern teaching technologies, including technologies and models of blended learning, the development of an educational environment focused on the cognitive needs and interests of students.

**Keywords: fundamentalization, fundamental education, fundamental chemical training, training of bachelors of technical and technological directions**

Современному инженеру для успешного решения профессиональных задач необходим прочный естественнонаучный и математический фундамент, поскольку естественнонаучные принципы, фундаментальные физические, химические законы составляют основу технического знания. В этой связи возрастает роль фундаментального естественнонаучного образования, которое должно обеспечить формирование научного стиля мышления у обучающегося, его интеллектуальное развитие, эрудицию, развитие составляющих профессиональных компетенций, вооружить методологией, позволяющей выпускнику университета быть мобильным, конкурентноспособным.

Дисциплины химического цикла всегда занимали важное место в системе естественнонаучной подготовки будущего инженера. С одной стороны, одной из задач обучения

химическим дисциплинам является формирование химической картины мира как неотъемлемой части научного мировоззрения инженера. С другой, для многих инженерных специальностей химическая компетенция является неотъемлемой составляющей профессиональной компетентности. Так, например, профессиональная компетентность инженера металлургической отрасли в значительной степени определяется уровнем его химической подготовки, поскольку в основе металлургических процессов переработки руд и концентратов лежат физико-химические явления. Поэтому мышление бакалавра технико-технологического направления должно формироваться на базе целостного представления не только об основных закономерностях химии, но и на понимании роли химии в освоении специальных дисциплин и в будущей профессиональной деятельности.

Однако анализ состояния фундаментальной химической подготовки будущих бакалавров технико-технологических направлений, которая обычно реализуется на младших курсах университета, показал, что она не в полной мере соответствует новым тенденциям совершенствования и развития высшего образования, отраженным в Национальной образовательной доктрине Российской Федерации (до 2025 г.), «Законе об образовании в РФ» и др. Вследствие падения престижа профессии «инженер» в российском обществе наблюдается приток на технические специальности университетов абитуриентов с низкими баллами ЕГЭ по математике, физике, химии, что, безусловно, сказывается на качестве подготовки выпускников [1]. Многие из них в недостаточной степени владеют фундаментальными понятиями, теориями, законами химии, опытом их применения в решении не только нестандартных, но стандартных задач в процессе освоения профильных дисциплин, а также в профессиональной деятельности. Это обусловливает необходимость модернизации системы фундаментальной химической подготовки будущих бакалавров.

Цель исследования заключается в выявлении возможных направлений фундаментализации химической подготовки будущих бакалавров технико-технологических направлений, подходов к формированию содержания химической подготовки в современных условиях.

## Материалы и методы исследования

Методологическим основанием исследования является системный подход. Методы исследования – общелогические методы (анализ, синтез), теоретический анализ нормативно-правовой документации, результатов исследований различных аспектов проблемы обеспечения фундаментального образования современного специалиста, анализ практики обучения химическим дисциплинам бакалавров, проектирование, конструирование.

## Результаты исследования и их обсуждение

В российской высшей школе традиционно предметная подготовка строилась на основе принципа фундаментальности, предполагающего научно-теоретическую основательность, раскрытие и освоение фундаментальных теорий, законов, принципов, понятий, правил. Как следствие, фундаментализацию сегодня следует рассматривать не как коренную перестройку профессионального образования, а как одно из направлений его совершенствования. Как отмечается в работе [2], если раньше фундаментализация образования была «внешне заданной» и реализовалась преимущественно на «знаниевом» уровне, то сегодня этот процесс должен быть ориентирован на освоение гносеологического и социокультурного фундамента знаний, обобщенных способов его усвоения, на развитие у студентов способностей воспринимать, осваивать и использовать поток новой информации в течение всей профессиональной деятельности.

В научных исследованиях рассматривалась сущность фундаментализации профессионального (В.А. Попков, А.В. Коржуев, В.Н. Лозовский, А.Н. Новиков, В.А. Тестов, Н.А. Читалин и др.) и естественнонаучного (Н.Н. Двуличанская, Л.В. Масленникова, С.А. Паничев, А.Я. Юффа) образования; решались проблемы повышения качества профессионального образования на основе непрерывной математической подготовки (В.В. Кондратьев); проблемы фундаментализации подготовки по физике будущих специалистов (О.Н. Голубева, А.Д. Гладун, Н.А. Клещева, А.Д. Суханов). Проблемы фундаментализации химико-педагогического образования в целом и на примере отдельных химических дисциплин исследовались в работах Н.Е. Кузнецовой, Н.П. Безруковой, Ю.Ю. Гавронской, Л.Г. Горбуновой и др.

Из анализа различных подходов и концепций фундаментализации высшего образования следует, что на данный момент имеются различные его трактовки. При этом фундаментализация рассматривается с позиций качества образования и образованности личности, с позиции содержания образования и в качестве дидактического принципа [3]. В них отражаются такие ха-

рактеристики, как целостность образования, интеграция естественнонаучного и гуманитарного образования, повышение доли теоретических знаний, углубление общенаучной, общеобразовательной подготовки, математизация, интеллектуализация образования, что говорит о многоаспектности и многофункциональности фундаментализации как педагогического феномена.

С точки зрения классической дидактики фундаментальность является характеристикой содержания образования и *реализуется* через принципы научности, систематичности и последовательности в обучении. Трактовка понятия «фундаментальность» как категории *качества образования и образованности личности* представлена А.Д. Сухановым, О.Н. Голубевой, Е.Н. Князевой, С.П. Курдюмовым в концепции фундаментализации в новой образовательной парадигме, принятой на симпозиуме ЮНЕСКО еще в девяностых годах прошлого века [4, 5]. Под фундаментализацией образования авторы понимают создание такой системы и структуры образования, приоритетом которой являются «не прагматические и узкоспециализированные знания, а *методологически важные, долгоживущие и инвариантные знания, способствующие целостному восприятию научной картины мира, интеллектуальному расцвету личности и её адаптации в быстро изменяющихся социально-экономических и технологических условиях*». В.И. Коломин с соавторами в своих работах определяет фундаментализацию как «включение в содержание образования *стержневых знаний (инвариантного ядра) основных дисциплин, формирующих научное мировоззрение, способствующих приобретению мощного арсенала общих методов и универсальных средств решения задач, возникающих на пути познания природы*» [6]. С.И. Калинин в контексте компетентностной модели образования под фундаментализацией понимает обеспечение фундаментального образования посредством *выделения «фундаментального ядра» предметных* (базисных) *знаний,* определяемых государственными стандартами и их вариативными составляющими [7].

Г.М. Голин, Л.Я. Зорина, В.В. Краевский, И.Я. Лернер, М.Н. Скаткин и др. обосновывают необходимость введения методологических знаний в содержание обучения принципами дидактики (сознательности и активности, научности, системности и систематичности). По мнению Н.Ф. Талызиной, А.А. Смирнова, Г.П. Щедровицкого и др., усвоение элементов методологической культуры способствует эффективному восприятию научной информации и ее пониманию в единстве со структурно-функциональными связями между разнородными элементами знаний. И это представляется особо значимым ввиду лавинообразного увеличения объема научной информации, которое характерно для современного этапа [1].

Учитывая разнообразие видов будущей профессиональной деятельности, А.В. Коржуев, В.А. Попков [8] полагают, что создание условий для овладения обучающимися методологическими знаниями и умениями и применение их в решении разнообразных профессиональных задач должны стать приоритетными в системе профессиональной подготовки.

На основании проведенного анализа под фундаментальной химической подготовкой на младших курсах университета нами понимается процесс освоения бакалаврами технико-технологических направлений наряду с фундаментальными химическими понятиями, законами, теориями, методами химической науки, методологических знаний, универсальных методов познания, обобщенных способов деятельности, результатом которого является развитое системное, критическое мышление, ценностное отношение к процессу познания, способность применять полученные знания при изучении специальных дисциплин, а также при решении задач в будущей профессиональной деятельности.

Вместе с тем, как следует из исследований И.А. Володарской [9], И.В. Корогодиной, Б.Д. Цуканова [10], при проектировании содержания фундаментального образования необходимо учитывать дидактический принцип профессионального образования – принцип практико-ориентированности, ориентирующий при разработке содержания обучения на будущую специальность обучающегося.

Таким образом, содержание фундаментальной химической подготовки бакалавров технико-технологических направлений должно включать инвариантное ядро (предметный и методологический инварианты) и вариативный компонент, формируемый в контексте их будущей профессии (рисунок).

*Методологический* инвариант представляет собой систему взаимосвязанных компонентов, которые являются одновременно уровнями овладения методологическими знаниями, позволяющими оценивать их сформированность в учебном процессе. При этом каждый последующий компонент является более высоким уровнем владения методологическими знаниями [11].

*Структура содержания фундаментальной химической подготовки бакалавров технико-технологических направлений*

Знаниевому и первому уровню усвоения соответствует знание об общенаучных терминах, методах научного познания (наблюдение, объяснение, измерение), правил выполнения общелогических операций классификации, сравнения, обобщения, выдвижения и проверки гипотезы, способах деятельности, операциях.

Сформированные умения по использованию этих способов деятельности в качестве инструмента познания называют методологическими умениями, которые образуют деятель-ностный компонент и выступают вторым уровнем владения методологическими знаниями. Освоив этот уровень методологического инварианта, бакалавры должны быть способны осуществлять приемы и методы научного познания на химическом материале.

Третий компонент – *ценностный*, определяется как методологическое мышление и ассоциируется с такими понятиями, как «методологическая культура», «культура умственного труда», «рефлексивная культура». Этот уровень владения методологическими знаниями характеризуется такими специфическими признаками мышления, как чувствительность к проблемам, широта мышления, систематичность, гибкость, высокая степень самостоятельности суждений, сформированность рефлексивных умений [1].

*Предметный* инвариант фундаментальной химической подготовки (рис 1) определяется в соответствии с принципом фундаментальности и в логике компетентностного подхода и включает фундаментальные химические понятия, теории, законы, законы, а также базисные операции и методы. Так, на основе анализа профессиональных стандартов, ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 «Металлургия», квалификация бакалавр, нами выделены компетенции, на развитие компонентов которых должна быть направлена фундаментальная химическая подготовка: ПК-4 – готовность использовать основные понятия, законы, модели термодинамики, химической кинетики, переноса тепла и массы, ОПК-1 – готовность использовать фундаментальные общеинженерные знания, ПК-5 – формирование умений выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов, ПК-8 – использовать информационные средства при решении задач, ПК-2 – усвоения элементов методологической культуры, развития интеллектуальных умений, аналитического, логического (ПК-1), критического мышления (ОПК-2), способности к самоорганизации и самообразованию (ОК-5). В соответствии с этим для бакалавров, осваивающих на первом курсе дисциплину «Химия», нами выделены:

– *фундаментальные понятия* – химические и физико-химические явления, химический элемент, вещество, строение, химическая реакция, химическое уравнение, количество вещества, растворимость, концентрация, электродный потенциал, теплота и др.;

– *фундаментальные теории, законы, принципы* – теория строения атома и учение о периодичности, теория химической связи, теория строения вещества, стехиометрические законы, теория растворов, теория химических процессов (термодинамические законы, основной закон термохимии, основной закон химической кинетики, принцип Ле-Шателье).

Далее, вслед за авторами работы [12], в каждом разделе курса химии выделены базисные операция, базисные методы:

– *базисные операции* – составление формул веществ, уравнений химических реакций; расчеты по химической формуле, по уравнению реакции; выполнение химического эксперимента по инструкции, интер-

претация его результатов, формулирование выводов;

– *базисные методы* – методы обнаружения, получения химических веществ, методы прогнозирования и доказательства кислотно-основных, окислительно-восстановительных свойств соединений, термодинамический и кинетический методы.

Что касается *вариативного компонента* (рисунок), обучение химическим дисциплинам на младших курсах должно быть ориентировано на связь с содержанием специальных дисциплин старшей ступени обучения соответствующего уровня и профиля подготовки, что обеспечивается на основе внутри- и междисциплинарных связей. Внутридисциплинарные связи раскрывают взаимосвязь основных понятий химии как науки, ее структуру, междисциплинарные связи способствуют формировании целостного представления о её роли в будущей профессиональной деятельности.

Необходимость обеспечения освоения бакалаврами содержания фундаментальной химической подготовки обусловливает новые требования к разработке учебно-методических материалов [1, 13], методов, средств обучения, необходимость модернизации организационных фор обучения [14], проектирования инновационной образовательной среды.

## Заключение

Таким образом, содержание фундаментальной химической подготовки бакалавров технико-технологических направлений на младших курсах должно включать фундаментальное ядро, состоящее из предметного и методологического инвариантов, и вариативный компонент, который формируется в контексте будущей профессиональной деятельности бакалавра. Для реализации фундаментальной химической подготовки необходимы: усиление деятельностной компоненты обучения за счет внедрения современных педагогических технологий обучения, в том числе технологий и моделей смешанного обучения [15], разработка инновационной образовательной среды, ориентированной на познавательные потребности, интересы обучающихся.

## Список литературы

1. Вострикова Н.М., Безрукова Н.П. О введении методологических знаний в фундаментальную подготовку бакалавров – будущих инженеров // Высшее образование сегодня. – 2014. – № 2. – С. 19–24.

2. Горбунова Л.Г. О фундаментализации химико-педагогического образования и ее роли в становлении специалиста // Известия РГПУ им. А.И. Герцена. – 2010. – № 121. – С. 84–92.

3. Тестов В.А. Фундаментальность образования: современные подходы // Педагогика. – 2008. – № 4. – С. 3–9.

4. Голубева О.Н. Концепция фундаментального естественнонаучного курса в новой образовательной парадигме // Высшее образование сегодня. – 1994. – № 4. – С. 23–27.

5. Гладун А.Д., Голубева О.Я., Суханов А.Д. Физическое образование: прагматизм или развитие мышления? // Физическое образование в вузах. – 1995. – Т. 1, № 2. – С. 41–54.

6. Коломин В.И., Гурская Т.Г. Концепция и модель методической системы изучения фундаментального курса общей физики для инженерных специальностей // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. – 2012. – № 2. – С. 133–140.

7. Калинин С.И. Методическая система обучения студентов педвуза дифференциальному и интегральному исчислению функций в контексте фундаментализации образования: автореф. дис. … д-ра пед. наук. – Москва, 2010. – С. 15.

8. Попков В.А., Коржуев А.В. Дидактика высшей школы: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. 2-е изд., испр. и доп. – М.: Академия, 2004. – 192 с.

9. Володарская И.А. Взаимосвязь фундаментальных и специальных знаний при подготовке студентов в современной высшей школе // Российский научный журнал. – 2010. – № 1 (14). – С. 48–57.

10. Корогодина И.В., Цуканов Б.Д. Синтез фундаментализации и профессионализации физического образования как необходимое условие подготовки специалиста в сфере инфокоммуникаций // Вестник Тамбовского университета. Серия Гуманитарные науки. – 2016. – Т. 21. – вып. 12 (164). – С. 93–97.

11. Байбагисова З.Э. Формирование у учащихся методологических знаний при обучении химии: дис. … канд. пед. наук: 13.00.02. – Москва, 2002. – С. 23–27.

12. Васильев Ю.С., Козлов В.Н., Масленников Ю.С. Формирование содержания высшего образования на базовых компетентностных моделях знаний, умений и навыков // Вестник высшей школы. – 2011. – № 2. – С. 41–45.

13. Вострикова Н.М., Безрукова Н.П. Учебные химические тексты как средство развития критического мышления студентов – будущих металлургов // Вестник Казанского технологического университета. -2014. -Т. 17, № 8. – С. 342–347.

14. Безрукова Н.П., Вострикова Н.М., Безруков А.А. Современная лекция по естественнонаучной дисциплине – какой ей быть? // Современные проблемы науки и образования. – 2016. – № 3. – URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24591 (дата обращения: 16.06.2018).

15. Вострикова Н.М. Возможности модели смешанного обучения в химической подготовке будущих бакалавров металлургического направления // Открытое и дистанционное образование. – 2018. – № 1 (69). – С. 5–11.

УДК 796.332

# ВЗАИМОСВЯЗЬ РАЗВИТИЯ ТАКТИКИ ФУТБОЛА С ИЗМЕНЕНИЕМ ПРАВИЛ СОРЕВНОВАНИЙ

**[1]Драндров Г.Л., [2]Асанин В.Ю., [3]Кудяшев Н.Х.**

*[1]Чувашский государственный педагогический университет им. И.Я. Яковлева, Чебоксары, e-mail: gerold49@mail.ru*

*[2]Чебоксарский кооперативный институт, Чебоксары;*

*[3]Набережно-Челнинский институт Казанского (Приволжского) федерального университета, Набережные Челны*

Целью исследования является выявление значимости развития тактики и изменения правил соревнований в становлении и развитии футбола как вида спорта в сторону повышения его зрелищности и привлекательности как вида соревновательной деятельности. Для решения этой задачи осуществлен реферативный обзор литературных источников в области истории футбола. Представленные в работе исторические факты показывают, что совершенствование тактики футбола детерминировано ходом противоборства атаки и обороны с соблюдением действующих правил соревнований. Показано, что на определенных этапах развития футбола возникающие в процессе этого противоборства более эффективные приемы организации игры в нападении или в защите, а также разрабатываемые тренерами новые подходы к организации командной игры приводили к тому, что, либо защита, либо нападение приобретали явное преимущество. Это лишало футбол непредсказуемости в отношении результата противоборства и, как следствие, его зрелищной привлекательности. Для восстановления утраченного динамического равновесия между атакующими и оборонительными возможностями соперничающих команд вводились изменения в правила соревнований. Те изменения, которые приводили к обострению хода игры, усилению степени его конфликтности, закреплялись и создавали условия для поиска и разработки новых, более эффективных тактических приемов и способов организации игры.

**Ключевые слова: футбол, тактика, нападение, защита, правила соревнований, соревновательное противоборство, развитие тактики, изменение правил**

# RELATIONSHIP BETWEEN FOOTBALL TACTICS DEVELOPMENT AND CHANGE OF COMPETITION RULES

**[1]Drandrov G.L., [2]Asanin V.Yu., [2]Kudyashev N.Kh.**

*[1]Chuvash State Pedagogical University named after I.Ya. Yakovlev, Cheboksary, e-mail: gerold49@mail.ru;*

*[2]Cheboksary Cooperative Institute, Cheboksary;*

*[3]Naberezhnye Chelny Institute of Kazan Federal University, Naberezhnye Chelny*

The aim of the study is to identify the importance of developing tactics and changing the rules of competitions in the development of football as a sport achieving to increase its entertainment and attractiveness as a kind of competitive activity. To solve this problem, a review of literary sources in the field of football history was carried out. Historical facts presented in the work show that the improvement of football tactics is determined by the course of the confrontation of the attack and defense in compliance with the current rules of the competition. It is shown that at certain stages of football development the more effective methods of organizing the game in attack or defense, as well as the new approaches to the organization of a team game developed by the coaches, led to the fact that either protection or attack acquired a clear advantage. This deprived football of unpredictability with respect to the outcome of the confrontation, and as a result, the loss of its spectacular attractiveness. To restore the lost dynamic balance between the attacking and defensive capabilities of rival teams, changes were made to the rules of the competition. Those changes that led to an aggravation of the game, increased degree of its conflict, were fixed and created conditions for the search and development of new, more effective tactical methods and ways of organizing the game.

**Keywords: football, tactics, attack protection, competition rules, competitive rivalry, developing tactics, changing the rules**

Совершенствование тактики футбола в сторону повышения его привлекательности как зрелища в условиях коммерциализации современного спорта становится особо значимым. Это является необходимым условием привлечения возможных спонсоров от телевидения, которые заинтересованы в осуществлении эффективной рекламы во время телевизионных трансляций соревнований по футболу.

Стратегическим направлением, реализация которого обеспечивает развитие тактики футбола, выступает внесение изменений в правила игры, способствующих повышению соревновательного накала в противоборстве нападения и защиты. Для того, чтобы изменения в правилах футбола действительно привели к усилению соревновательного противоборства, к поиску и разработке инновационных подходов в области тактики игры, следует опираться на имеющийся в истории мирового футбола опыт внесения изменений в правила соревнований, которые, с одной стороны,

были необходимы для дальнейшего развития футбола, с другой, создавали для этого благоприятные условия, обеспечивая динамическое равновесие между атакой и обороной.

Необходимость разрешения противоречия между стремлением повысить зрелищную привлекательность футбола через совершенствование тактики атакующих и оборонительных действий и недостаточной научной разработанностью проблемы взаимосвязи развития тактики футбола с изменением правил соревнований, определяет актуальность нашей работы.

Цель исследования: раскрыть особенности взаимосвязи развития тактики футбола с эволюцией правил соревнований в данном виде спорта.

**Результаты исследования и их обсуждение**

Соревновательно-игровая деятельность в футболе выступает в форме конфликта: конкурентное взаимодействие является основным содержанием соревновательного поединка соперничающих команд. Оно является основной движущей силой развития соперничающих футбольных команд в отношении всех видов спортивной подготовки, включая технико-тактическую составляющую.

Тактика рассматривается учеными и специалистами как искусство ведения соревновательного противоборства, включающее в свое содержание целостную систему способов организации командных, групповых и индивидуальных действий в нападении и в защите, обеспечивающих достижение намеченного соревновательного результата при соблюдении официально принятых правил игры.

Внутренним условием, влияющим на организацию соревновательно-игровой деятельности футбольной команды в нападении и защите, являются как показатели игровой подготовленности отдельных игроков команды, так и способности к оптимальному согласованию своих игровых действий в процессе решении групповых и командных задач. Эти компоненты игровой подготовленности развиваются в процессе тренировки и участия в соревновательной деятельности, их развитие обусловливает совершенствование тактики игры.

Соревновательно-игровая деятельность в футболе осуществляется с учетом принципов гласности и сравнимости результатов. Реализация первого принципа обеспечивается наличием зрителей на трибунах, средствами массовой информации, которые представляют процесс и результаты соревновательного поединка. Необходимым условием реализации принципа сравнимости соревновательных результатов выступают общие для всех участников соревнования правила, в которых оговорены объективные приемы измерения и оценивания соревновательных результатов и условия проведения соревновательного поединка.

В правилах соревнований содержатся требования к месту, где проводится соревновательный поединок, к спортивному инвентарю и оборудованию, к поведению и соревновательной деятельности его участников.

Правила соревнований отличаются от тактических приемов, применяемых в футболе, большей устойчивостью во времени. Их взаимодействие с тактикой футбола можно рассматривать как взаимодействие формы и содержания соревновательно-игровой деятельности. Индивидуальные тактические действия отдельных футболистов, групповые действия нескольких игроков, объединяющихся во временные коалиции для решения групповых тактических задач и командные тактические действия составляют содержание соревновательно-игровой деятельности. Они находятся в процессе постоянного развития и совершенствования, что обусловлено направленностью игровой деятельности команды на достижение победы в условиях конфликтного противоборства.

Правила соревнований определяют форму организации соревновательно-игрового противоборства, они оговаривают внешние по отношению к содержанию нормы, за пределы которых не разрешается выходить обеим соперничающим командам. Они относительно устойчивы во времени. Благодаря этому, правила обеспечивают оптимальные условия для обогащения содержания соревновательно-игровой деятельности новыми эффективными тактическим приемами ведения игры в нападении и защите.

Появившиеся в процессе совершенствования тактики футбола новые тактические приемы (например, тактика «мелкого фола») приводят к возникновению заведомо неравных для нападения и защиты условий противоборства. Возникает ситуация застоя в развитии тактики футбола – нет смысла искать новые способы организации игры, если применяемый тактический прием обеспечивает эффект. В результате такого застоя утрачивается зрелищность соревновательно-игровой деятельности, ее непредсказуемость.

Возникающее в процессе развития футбола противоречие между постоянно развивающейся тактикой и консервативными

правилами, как противоречие между содержанием и формой соревновательно-игровой деятельности разрешалось в истории футбола внесением определенных изменений в правила соревнований.

Таким образом, развитие тактики футбола происходит при взаимодействии внешнего и внутреннего по отношению к соревновательно-игровой деятельности факторов: в роли внешнего фактора выступают изменения в правилах, внутреннего фактора – противоборство нападения и защиты.

Рассмотрим, каким образом в истории современного футбола происходило диалектическое взаимодействие развития его тактики с изменениями в правилах соревнований.

Потребность в организации соревнований по футболу привела созданию и принятию правил игры, общих для всех участников соревнующихся команд. Первые единые правила игры в футбол, названные «Кембриджскими правилами», были разработаны в 1846 г.

26 октября 1863 г. были приняты правила соревнований по футболу, которые стали прообразом современных правил. В разработке этих правил принимали участие две группы любителей футбола. Первые ратовала за то, чтобы разрешить играть руками, вторые были против введения этого положения. Соглашение не было достигнуто: первая группа стала родоначальником регби, вторая – футбола. Ограничение родоначальниками футбола игры руками отражено в названии игры, которое с английского переводится как ножной мяч. Правила игры запрещали играющим бегать с мячом по полю, держа его руками. Разрешались только ловля и остановка мяча руками. Взятие ворот (гол) засчитывалось в том случае, когда мяч пересекал линию ворот между двумя вертикальными стойками ворот. При этом запрещалось забрасывать мяч рукой за линию ворот, перемещать его в ворота ударом руки или обеих рук, вносить его в ворота, держа рукой. В команде не было вратаря, так как его функции мог выполнять любой футболист: всем игрокам разрешалось ловить мяч руками [1].

Игроки нападения нашли тактический прием, обеспечивающий успех в данной игровой ситуации. Для взятия ворот применялся удар по мячу ногой на высоте, которая была недоступна для его ловли руками. Применение этого тактического приема при взятии ворот привело к существенному преимуществу атакующих игроков. Для восстановления равновесия между атакой и обороной высота ворот в 1871 г. была ограничена веревкой, располагающейся на расстоянии 2,44 м от поверхности футбольного поля, затем, через 4 года, веревка была заменена перекладиной на высоте. Правилами был выделен особый игрок команды – голкипер. Он обладал особыми правами – ему было позволено ловить мяч руками, бегать, держа его в руках, передавать его.

Но эти действия вратаря с мячом разрешались только в пределах ограниченной площади, которая получила название вратарской площадки. Это создавало игровые преимущества игрокам нападения: они имели возможность свободно забивать мяч в ворота ударами ноги из-за пределов этой площади. Чтобы уравнять возможности вратаря и игроков нападения, в 1903 г. в правила соревнований были внесены изменения, которые позволяли вратарю играть руками в рамках штрафной площади.

В варианте правил, принятых в 1863 г., содержалось правило офсайда, по которому игрок считался находящимся в положении «вне игры», если в момент передачи мяча, перед ним не было игроков соперничающей команды. Наличие данного правила приводило к тому, что передача мяча вперед, в направлении ворот противника, становилась в большинстве случаев недопустимой: они выполнялись или поперек поля, или назад. Поэтому основным тактическим приемом организации игры в нападении выступало ведение мяча с использованием обводки защитника [2].

С учетом этого правила была разработана тактическая система организации игры, условно названная 1–1–1–8. Впоследствии один из нападающих отошел назад, ближе к воротам: появилась новая система ведения игры 1–1–2–7.

Для того, чтобы усилить атакующие возможности команды через применение передач вперед, в направлении ворот соперничающей команды, в 1866 г. было существенно обновлено правило офсайда. В соответствии с этим изменением нападающий игрок не находился в положении «вне игры», если между ним и воротами обороняющейся команды располагалось не менее трех защитников, включая вратаря, в момент передачи мяча.

Благодаря этому изменению правил появилась новая тактическая система «пять в линию» (1–2–3–5). Возможность дополнения ведения мяча и дриблинга тактическими приемами передачи мяча обеспечило повышение атакующего потенциала команды, к тому, что стало забиваться больше голов и игра стал более зрелищной.

Но это преимущество игроков линии атаки было недолгим. Игроки линии обороны научились использовать правило офсайда

в своих интересах: один из защитников начал перемещаться вперед для искусственного, намеренного создания положения «вне игры». Применение этого тактического приема привело к тому, что атакующие действия срывались в середине поля, вдали от ворот защищающейся команды. Большинство футбольных матчей завершалось безрезультатно. Футбол утратил свою зрелищность и привлекательность для болельщиков.

Поэтому для усиления атакующего потенциала футбольной команды в 1925 г. правило офсайда было изменено: атакующий игрок в момент передачи ему мяча находился в положении «вне игры», если перед ним располагалось не менее двух игроков команды соперника [3].

Благодаря этому изменению вновь возникли условия для успешного преодоления противодействия игроков команды соперника через использование передач вперед в свободные, неконтролируемые защитниками зонами. Появились новые тактические системы, такие как: «дубль-ве», «1–4–2–4», «1–4–3–3», «1–4–4–2». Возникновение благодаря этим тактическим система существенного преимущества нападения над защитой привело к увеличению результативности футбольных матчей.

Защитники в противовес стали эффективно применять новое правило о положении «вне игры» для выдавливания нападающих со своей половины поля. Был разработан и стал активно использоваться тактический прием «офсайдной ловушки»: защитники согласованно перемещались вперед в момент передачи мяча нападающим игрокам. Была разработана зонная система организации обороны как эффективное противодействие быстрым проникающим атакам со стороны игроков линии нападения.

С 1 июля 2005 г. начали действовать изменения по правилу «офсайда» на основе выделения трех критериев оценки действий игрока, который считался находящимся в положении «вне игры»: позиция нападающего становится активной; игрок получает игровое преимущество от своего расположения на футбольном поле; игрок мешает сопернику играть [4]. Если до внесения данного изменения в правило «офсайда» игрок считался находящимся в положении «вне игры» в игровой позиции ближе к воротам, чем два защитника в момент передачи ему мяча игроку от партнера, то затем решили, что следует учитывать, оказывает ли игрок влияние на развитие игровой ситуации. В настоящее время положение «вне игры» фиксируется тогда, когда любая часть туловища, нога или голова игрока располагаются ближе к воротам соперника в момент передачи ему мяча от игроков своей команды. Если атакующий игрок, принимающий мяч, в момент передачи располагается на одной линии с защитником, то офсайд не фиксируется.

С 2003 г. понимание «пассивного офсайда» стало еще более свободным: игрок, который перемещается в сторону мяча, но не предпринимает попытки овладеть им, считается находящимся в правильной игровой ситуации.

Чтобы атакующие игроки не применяли силовые приемы в игре против вратаря, стремясь затолкать его за линию ворот вместе с мячом, было включено правило, которое не разрешало толчок вратаря плечом в плечо. Это правило действует только во вратарской площади.

Защитники для противодействия атакующим действиям непосредственно возле своих ворот стали применять запрещенные правилами приемы, получая тем самым определенное игровое преимущество. В основе этого тактики лежал тезис: лучше быть наказанным штрафным ударом, чем пропустить мяч. Отсутствие баланса между последствием нарушения правил для атакующей команды и наказанием защищающейся команды штрафным ударом с места нарушения приводило к снижению зрелищности и результативности игры. Это стало причиной введения в 1891 г. правила «пенальти», в соответствии с которым штрафные удары за нарушения в штрафной площади выполнялись с расстояния 11 м от линии ворот, а игроки обеих команд (кроме игрока, выполняющего 11-метровый удар) до момента удара должны были находиться за пределами этой площади.

Вратари при выполнении «пенальти» начали применять тактический прием: перемещаться вперед до удара, чтобы уменьшить угол обстрела. Поэтому с 1929 г. вратарям не разрешалось при выполнении пенальти передвигаться вперед до момента нанесения удара по мячу, Вратари начали прогнозировать направление удара и перемещаться в момент удара, чтобы заранее закрыть определенный угол ворот. Поэтому нападающие стали выдерживать паузу после замаха для удара, наблюдая за действиями вратаря. Это существенно затруднило действия вратаря. С 2010 г. игроку, пробивающему пенальти, не разрешается выдерживать паузу перед ударом при выполнении пенальти.

Вратари, которым правилами разрешалось играть с мячом, используя руки, стали применять передачи и ловлю мяча руками для взаимодействия с защитниками с целью

длительного и надежного контроля мяча на своей половине поля. Этот тактический прием применялся для того, чтобы лишить противоборствующую команду возможности вести атакующие игровые действия. Игра стала утрачивать зрелищность. Для того, чтобы команды не могли использовать данный тактический прием, вратарям с 1994 г. было запрещено брать мяч в руки.

На чемпионате мира по футболу, проводимом в 1966 г. в Лондоне, защитники стали применять жесткие грубые приемы в противоборстве с лучшими нападающими того времени. Зачастую их действия приводили к нанесению травм, которые выводили пострадавших из игры. Применение такого тактического приема было выгодно нарушающим правила игры: правила футбола того времени не разрешали проводить замену пострадавшего от действий защитника игрока.

Возникшее в результате применения данного тактического приема нарушение баланса между атакой и обороной было учтено. В 1968 г. была разрешена замена двух игроков, и следующий чемпионат мира был уже проведен с учетом этого изменения в правилах. С 1994 г. была дополнительно разрешена замена вратаря, а в 1998 г. была разрешена замена трех игроков [5].

В 1990-х гг. футбольные матчи становились всё более напряженными и требовали дополнительного времени для определения победителя. Поэтому было введено правило «Золотого гола», в соответствии с которым команда, забившая в гол в дополнительное время, становилась победителем. После введения этого правила футбольные команды стали в дополнительное время играть осторожно, с установкой на сохранение своих ворот. Игра стала утрачивать зрелищность и эмоциональную привлекательность. В связи с этим данное правило было отменено через год после его введения [6].

С 1994 г. для того, чтобы побудить к атакующему созидательному футболу вместо скучной и монотонной игры с установкой на достижение ничейного результата, футбольные команды стали вознаграждаться тремя очками за победу взамен традиционных двух очков. За ничейный результат каждой команде отдавалось по одному очку.

## Заключение

Представленные нами исторические факты говорят о том, что развитие футбола обусловлено единством и борьбой нападения и защиты в рамках правил соревнований, как диалектически взаимосвязанных сторон соревновательно-игровой деятельности. Достигаемое в процессе этого противоборства значительное преимущество атаки или обороны приводит к тому, что результат игры становится предсказуемым и сама игра лишается привлекающей болельщиков интриги и эмоциональной привлекательности. Это становится основной причиной разработки и внесения в правила футбола таких изменений, которые уравнивают возможности атакующих и обороняющихся и способствуют повышению зрелищности футбола как вида соревновательной деятельности.

## Список литературы

1. Адоян Г.А. Итоги прошедшего века, или эволюция результативности футбола / Г.А. Адоян. – М.: «Компания Спутник+», 2011. – 54 с.

2. Лукосяк Ю.П. Футбол. Первые шаги. 1860–1923 / Ю.П. Лукосяк. – СПб.: Союз Художников, 2008. – 95 с.

3. Нилин А.П. Век футбола / А.П. Нилин. – М.: Терра-спорт, 2012. – 154 с.

4. Реднеджер К. Футбол. Полная иллюстрированная энциклопедия мирового футбола / К. Реднеджер. – М.: Росмэн-Издат, 2008. – 213 с.

5. Кожевников А. Эволюция футбола – нововведения на чемпионатах мира [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://footballhd.ru/articles/64975-evolyuciya-futbola-novovvedeniya-na-chempionatah-mira.html (дата обращения: 19.05.2018).

6. Романов А. Ноу-хау в Бразилии: спрей и система фиксации гола [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.championat.com/football/article-184501-pjat-izmenenij-v-futbole-v-finalnykh-stadijakh-chm.html (дата обращения: 22.05.2018).

УДК 378:004

# НАЗНАЧЕНИЕ И ХАРАКТЕРИСТИКА ЕДИНОЙ ИНФОРМАЦИОННО-ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ВУЗА

**[1]Крайнова Е.А., [2]Садова К.В., [2]Тараканов А.В.**

*[1]Филиал ФГКВОУ ВО «Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия имени профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина» (Воронеж) Министерства обороны Российской Федерации, Сызрань, e-mail: kate_kate@list.ru;*
*[2]Филиал ФГБОУ ВО «Самарский государственный технический университет», Сызрань, e-mail: crazyojj@mail.ru, tarakanov2102@mail.ru*

В статье рассмотрены направления информатизации учебного процесса и роль единой информационно-образовательной среды в системе современной профессиональной подготовки. Актуальность исследования заключается в необходимости разработки и развития средств интенсификации процесса обучения, стимулирования самообразования обучающихся. Целью статьи является раскрытие понятия единой информационно-образовательной среды и выявление возможностей её применения в образовательном процессе высшей школы. Определены задачи и направления, решаемые при создании и использовании единой информационно-образовательной среды. Выделены виды моделей информационно-образовательной среды. Рассмотрены требования к единой информационно-образовательной среде. Предложен вариант структуры единой информационно-образовательной среды. Определен состав программного обеспечения единой информационно-образовательной среды. Выделены аспекты использования единой информационно-образовательной среды в учебном заведении. Определена последовательность этапов разработки единой информационно-образовательной среды. Выделенная последовательность этапов разработки единой информационно-образовательной среды позволит осуществить её разработку и внедрение с максимальной эффективностью. Именно начальные этапы анализа, сбора требований и построения структуры современных информационных систем являются наиболее трудоёмкими и, как показала практика, наиболее ответственными. Решения, принятые на начальных этапах проектирования и реализации информационных систем, будут определять эффективность системы и её соответствие заданным требованиям. Материалы статьи могут быть использованы при проектировании и построении единой информационно-образовательной среды высшего учебного заведения и в исследованиях, посвященных информатизации образования.

**Ключевые слова: единая информационно-образовательная среда, вуз, электронные образовательные ресурсы, учебный процесс, информационные технологии, электронное обучение**

# APPOINTMENT AND CHARACTERISTICS OF A SINGLE INFORMATION AND EDUCATIONAL ENVIRONMENT OF HIGH SCHOOL

**[1]Kraynova E.A., [2]Sadova K.V., [2]Tarakanov A.V.**

*[1]Federal State Official Military Educational Institution of Higher Education «Military Educational and Scientific Centre of the Air Force N.E. Zhukovsky and Ya.A. Gagarin Air Force Academy» (Voronezh) the Ministry of Defence of the Russian Federation, branch, Syzran, e-mail: kate_kate@list.ru;*
*[2]Samara State Technical University, branch, Syzran, e-mail: crazyojj@mail.ru, tarakanov2102@mail.ru*

The article considers the directions of informatization of the educational process and the role of a single information and educational environment in the system of modern vocational training. The urgency of the research is the need to develop and develop means of intensifying the learning process, stimulating self-education of students. The aim of the article is to reveal the concept of a single information and educational environment, and to identify the possibilities of its application in the educational process. The tasks and directions that are solved when creating and using a single information and educational environment are defined. Types of models of the information and educational environment are identified. The requirements for a single information and educational environment are considered. A variant of the structure of a single information and educational environment is proposed. The composition of software for a single information and educational environment is determined. The aspects of using a single information and educational environment in an educational institution are singled out. A sequence of stages in the development of a single information and educational environment has been determined. The allocated sequence of stages of development of the uniform information-educational environment will allow to carry out its development and introduction with the maximum efficiency. It is the initial stages of analysis, collection of requirements and construction of the structure of modern information systems that are the most time consuming, and as practice has shown to be the most responsible. Decisions made at the initial stages of the design and implementation of information systems will determine the effectiveness of the system and its compliance with specified requirements. The materials of the article can be used in the design and construction of a single information and educational environment of a higher educational institution, and in studies on the informatization of education.

**Keywords: a single information and educational environment, a university, electronic educational resources, the educational process, information technologies, e-learning**

В настоящее время существует множество целевых федеральных программ, направленных на развитие информатизации образования. В образовательных учреждениях активно используются информационно-коммуникационные технологии, информационные фонды пополняются цифровыми образовательными ресурсами,

стали широко поддерживаться инициативы преподавателей, связанные с применением современных информационных технологий. Конец XX – начало XXI в. характеризуются обширным развитием технологий в информационной среде, а также большими темпами преобразования информационного пространства [1].

Известный факт, что информационные процессы влияют на образовательные системы: содержание воспитания и образования, действия педагогического и вспомогательного персонала, решение финансовых проблем, и определение системы опорных точек и точек роста системы образования в целом. Это связано, прежде всего, с тем, что образовательный процесс можно рассматривать как информационный процесс, включающий воспроизводство, обмен и хранение различной информации [2]. В результате чего появляется необходимость в формировании единой информационно-образовательной среды (ЕИОС) учебного заведения.

Создание ЕИОС в высших образовательных учреждениях позволит обеспечить более благоприятные условия сотрудничества педагогов и привлечь к творческой деятельности обучающихся, улучшить качество образования, повысить уровень профессионализма педагогов, создать условия для обмена программно-методическими материалами.

Целью статьи является раскрытие понятия информационно-образовательной среды, и выявление возможностей её применения в образовательном процессе высшей школы.

Задачи, стоящие перед авторами:

– дать определение информационно-образовательной среды;

– описать ее структуру и назначение;

– определить последовательность этапов ее разработки.

Изучению вопросов создания единой информационно-образовательной среды посвящены исследования различных авторов, таких как Я.А. Ваграменко, И.В. Роберт, В.А. Красильникова, М.А. Петренко и др.

Прежде чем перейти к рассмотрению вопроса, определимся с терминологией. Понятие информационно-образовательной среды дано в ГОСТ Р 53620-2009 «Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Электронные образовательные ресурсы. Общие положения». Информационно-образовательная среда (ИОС) – система инструментальных средств и ресурсов, обеспечивающих условия для реализации образовательной деятельности на основе информационно-коммуникационных технологий [3].

Под информационно-образовательной средой ряд авторов понимает следующее:

– системно организованная совокупность информационного, технического, учебно-методического обеспечения, неразрывно связанная с человеком как субъектом образовательного процесса [4];

– антропософический релевантный информационный антураж, предназначенный для раскрытия творческого потенциала и талантов обучающего и обучающегося [5];

– единое информационно-образовательное пространство, построенное с помощью интеграции информации на традиционных и электронных носителях, компьютерно-телекоммуникационных технологиях взаимодействия, включающее в себя виртуальные библиотеки, распределенные базы данных, учебно-методические комплексы и расширенный аппарат дидактики [6].

Единая информационно-образовательная среда определяется единством педагогических целей и задач и взаимодействием участников образовательного процесса.

Выделяют два вида моделей информационно-образовательной среды.

У «закрытой модели» нет способности или потребности в обширной связи с другими учебными заведениями, такая среда разрабатывает и потребляет программно-методические разработки внутри своей структуры. Этот вид среды жизнеспособен в обычных условиях развития системы образования и общества.

У «открытой модели» идет развитие на основе активного использования современных информационных и сетевых технологий. Такая образовательная среда открыта, наполняема, динамична и интегрирована с образовательными средами других учебных заведений.

Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [7] поднимает вопрос о важных изменениях в предоставлении доступа к открытой информации любого пользователя через компьютерные сети разных уровней. Поддержка принципа бесплатного доступа к информации, где бы она ни была, по запросам учащегося, педагога и других специалистов требует организации единой информационно-образовательной среды любого учебного заведения по второму типу.

Согласно открытой модели выделим направления информатизации учебного процесса:

– создание и развитие на основе локальных вычислительных сетей внутренних региональных информационных систем, связанных с отечественными и зарубежными информационными системами;

– создание и продвижение баз данных и знаний, которые обеспечивают реализацию образовательного процесса;

– применение современных методик и средств обучения на основе информационно-коммуникационных технологий [8].

Приоритетным вопросом при внедрении ЕИОС является централизованное создание административно-управляющего ядра порталов квалифицированной командой. В эту структуру должны быть включены все субъекты единой информационно-образовательной среды, основная цель которых заключается в разработке информационно-методических материалов и их публикации на минипорталах учебного заведения с разрешением на свободный доступ к информационным ресурсам для любого пользователя.

Задачи и направления, решаемые при создании и использовании ЕИОС.

1. Использование образовательных сетевых технологий в качестве базы для модели образования и ее ориентация на практическую, педагогическую и научную деятельность.

2. Создание условий индивидуализации обучения и развития личности, увеличения демократического характера в образовании различного уровня на основе современных технологий [9].

3. Активизация коллективной совместной работы педагогических работников учебных заведений различного уровня для построения современных компьютерных средств обучения в виде:

– электронных пособий и учебников;

– мультимедийных демонстрационных и моделирующих материалов;

– диалоговых компьютерных средств обучения для различных направлений подготовки и т.д.;

– учебно-методических ресурсов и цифровых обучающих материалов [10].

4. Повышение эффективности системы переподготовки и повышения квалификации преподавателей в сфере информационно-коммуникационных технологий.

5. Формирование креативного мышления всех участников учебного процесса, проведение научно-практических конференций учащихся и преподавателей.

6. Техническую организацию семинаров, мастер-классов и встреч в режиме интернет-трансляций и видеоконференций.

7. Организацию проведения анкетирования и опросов по разным направлениям образовательной деятельности.

При создании ЕИОС образовательного учреждения можно использовать различные методы. Чаще всего рассматриваются подходы по следующим основаниям [11]:

– направление подготовки (общеобразовательный, профессиональный);

– уровень образования (общее, среднее профессиональное, высшее и др.);

– профиль подготовки (гуманитарный, технический, художественный);

– тип регулирования (распределенный, централизованный).

Единая информационно-образовательная среда учебного заведения характеризуется рядом особенностей и свойств. Развитие данной среды связано с постоянным увеличением уровня ее организации и технического оснащения. Структура ЕИОС в основном определяется необходимостью решения педагогических проблем, их взаимодействием и взаимосвязью участников процесса обучения.

Данная ЕИОС должна обеспечивать:

– наличие общей базы данных;

– хранение данных с возможностью редактирования;

– иметь многопользовательский режим;

– разграничение прав доступа к хранимым данным;

– использование данных в разных приложениях;

– возможность обмена данными с базой данных.

ЕИОС учебного заведения помогает определить и решить задачу объединения информационных потоков, характерных для основных видов деятельности образовательного заведения. Она представляет собой организованную сферу информационного взаимодействия участников образовательного процесса.

ЕИОС – это собрание локальных информационных сред, изолированных и не пересекающихся. Ее следует рассматривать как с точки зрения организационного, так и программного обеспечения. ЕИОС основана на глобальных и локальных компьютерных сетях образовательного учреждения. Без них невозможно осуществлять информационное взаимодействие.

Типичная организационная структура сети ЕИОС содержит:

– центральный сервер, выделенный для хранения единой базы учреждения и других материалов;

– компьютерные классы, оснащенные современными информационными средствами;

– совокупность библиотек программных модулей (библиотека);

– информационно-методический центр (ИМЦ);

– демонстрационные комплексы [12].

Специализированные компьютерные классы разработаны для решения конкретных дидактических проблем, например таких, как организация изучения языков программирования. Небольшие информационные комплексы обеспечивают использование информационных технологий и индивидуальную работу с одним или несколькими обучающимися.

Информационно-методический центр может обеспечить повышение квалификации преподавателей, создание электронных обучающих ресурсов и их хранение в базе данных. Автоматизированные рабочие места (АРМ) работников образовательного учреждения предназначены для максимальной автоматизации функций этих сотрудников с целью повышения эффективности их работы.

Программное обеспечение ЕИОС включает в себя:

– программное обеспечение общего назначения (операционные системы, антивирусы, офисные приложения и т.п.);

– программно-методическое обеспечение образовательного процесса (электронные образовательные ресурсы);

– специализированное программное обеспечение (автоматизация деятельности различных подразделений).

Организационная поддержка ЕИОС состоит:

– из программы образовательного учреждения, в которой описываются основные цели и задачи информатизации, плана действий и развития инфраструктуры для текущего учебного года;

– распределения функций между сотрудниками учреждения, включая управление процессом, обучение и внедрение информационных технологий;

– нормативных документов, включая права и обязанности пользователей ЕИОС.

Можно выделить следующие аспекты использования единой информационно-образовательной среды в учебном заведении:

1. Организационный аспект. Глава учреждения должен понимать цели и задачи внедрения и функционирования ЕИОС. Сотрудники организации должны быть заинтересованы в работе с ЕИОС.

2. Программное обеспечение или технический аспект. Учреждение должно быть оборудовано соответствующими информационно-коммуникационными средствами для реализации функций ЕИОС.

3. Кадровый аспект. Преподаватели и другие сотрудники должны быть обучены работе с ЕИОС.

С точки зрения функционирования образовательной организации структуру ЕИОС можно представить следующим образом (рис. 1).

1. Учебная работа: электронные образовательные ресурсы; тестовые системы; тренажёры; электронные библиотеки; интернет-ресурсы и др.

2. Воспитательная работа: средства информирования о планируемых мероприятиях во внеучебное время; средства информационной поддержки деятельности кураторов; средства внеучебного информационного взаимодействия; средства развития личности и др.

3. Научно-исследовательская работа: средства информирования о работе научных коллективов и планируемых научных мероприятиях; организация доступа к программному обеспечению, необходимому для проведения научных исследований и виртуальных экспериментов, и др.

*Рис. 1. Структура ЕИОС*

*Рис. 2. Структура программного обеспечения*

4. Управление образовательным процессом: система учета достижений обучающихся (учебных, научных, спортивных, общественных); средства формирования учебной нагрузки; планировщики составления расписания и др.

5. Управление кадрами: средства управления контингентом студентов; средства управления кадровым составом учебного заведения.

6. Управление ресурсами: средства управления материальными ресурсами организации, специализированным оборудованием и техническими средствами; средства управления информационным и программным обеспечением образовательного процесса и др.

Структура используемого программного обеспечения может быть представлена следующим образом (рис. 2).

Таким образом, одним из основных факторов, обеспечивающих успех использования ЕИОС, является интеграция программно-технологических ресурсов в едином комплексе, для решения различных задач и на основе единой технологии решения. Поэтому проектирование единой информационно-образовательной среды образовательного учреждения целесообразно проводить в следующей последовательности:

1. Определить основные задачи, которые необходимо будет решить во время использования ЕИОС.

2. Определить целевую аудиторию, которая будет участвовать в использовании ЕИОС.

3. Осуществить выбор программного обеспечения, используемого в условиях формирующейся ЕИОС.

4. Осуществить выбор наиболее подходящих технических решений для создания инфраструктуры ЕИОС, учитывая необходимость её обслуживании.

5. Определить форму обучения и переподготовки специалистов для работы в ЕИОС.

Так как создание ЕИОС – огромная работа, и ее реализация не входит в компетенцию только одного учебного заведения, то основной технологической связью в создании данной сферы на федеральном уровне является создание единого ядра – федерального образовательного портала, который впоследствии может занимать важное место в решении всех проблем создания и развития ЕИОС.

**Список литературы**

1. Ермаков Д.С. Информационная компетентность в информационном обществе // Педагогика. – 2013. – № 2. – С. 26–30.

2. Шанин С.В., Гриднев А.А. Роль информационного пространства в трансформации отношения к знаниям // Научный потенциал. – 2014. – № 3–4. – С. 33–35.

3. Снадченко С.В. Роль мультимедиа в повышении эффективности профессионального обучения // Актуальные проблемы гуманитарных и социально-экономических наук. – 2016. – Т. 10s-3. – С. 188–190.

4. Аллен Майкл. E-learning: как сделать электронное обучение понятным, качественным и доступным / Майкл Аллен.– М.: Альпина Паблишер, 2017. – 200 с.

5. Панцева Е.Ю., Тойшева О.А., Жарова Т.А. Необходимость использования системного подхода при организации образовательного процесса в военном вузе // Мир науки. – 2017. – Т. 5, № 2. – С. 36.

6. Дорожкин Е.М., Щербин М.Д. Психолого-педагогические проблемы использования электронного обучения // Научный диалог. – 2016. – № 5 (53). – С. 199–213.

7. Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 15.05.2018).

8. Современные образовательные технологии: учебное пособие / под ред. Н.В. Бордовской. – М.: КНОРУС, 2010. – 432 с.

9. Технологии электронного обучения: учебное пособие / А.В. Гураков. – Томск: Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, 2016. – 68 с.

10. ГОСТ Р 53620-2009 Информационно-коммуникационные технологии в образовании. Электронные образовательные ресурсы. Общие положения. – Введ. 2011-01-01 [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/1200082196 (дата обращения: 15.05.2018).

11. Ильченко О.А. Организационно-педагогические условия разработки и применения сетевых курсов в учебном процессе (на примере подготовки специалистов с высшим образованием): дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. – Москва, 2002 – 193 с.

12. Зайцева Ж.Н. Генезис виртуальной образовательной среды на основе интенсификации информационных процессов современного общества / Ж.Н. Зайцева, В.И. Солдаткин // Информационные технологии. – 2000. – № 3. – С. 44–48.

УДК 373.31

# ФОРМИРОВАНИЕ КОЛЛЕКТИВА ПЕРВОКЛАССНИКОВ В УЧЕБНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

**[1]Лазарев М.А., [2]Москвина А.С., [3]Курбатова Н.В.**

*[1]ГБПОУ МО «Чеховский техникум», с. Новый Быт, Московская область, e-mail: cerambycidae@fromru.com, humanityspace@gmail.com;*

*[2]Московский государственный областной университет, Москва, e-mail: anna.moskvina@list.ru;*

*[3]Академия акварели и изящных искусств Сергея Андрияки, Москва, e-mail: kurbatovanv@yandex.ru*

В статье рассматривается проблема изучения детского коллектива с позиции педагогического познания. Проводится теоретический анализ отечественной литературы по педагогике по выявлению дефиниции «коллектив». Показывается процесс становления и развития детского коллектива. Выявляется значимость сплочения детского коллектива и коллективного воспитания. Делается попытка понимания осуществления формирования личности, происходящего под влиянием коллектива в процессе межличностного взаимодействия. Формирование коллектива первоклассников, вопрос воспитания в коллективе представляет исключительный интерес и актуальность в настоящее время. Вопрос воспитания в коллективе и через коллектив сохраняет свою актуальность и в настоящее время. Экспериментально проверяется эффективность разработанной программы формирования коллектива первоклассников, которая может быть использована в работе учителей начальной школы. Анализируются результаты «Методики исследования уровня развития детского коллектива» после реализации программы по методике «Какой у нас коллектив?». Цель данной методики: выявление степени сплоченности и отношения детей к коллективу школьного класса. После реализации программы на примере авторской анкеты опросов педагогов и воспитателей, работающих с классами начальной школы, делается анализ результатов «Анкетирования педагогов и воспитателей».

**Ключевые слова: формирование коллектива, объединение учеников-воспитанников, модель общества, личность ребёнка, отечественная система воспитания, образовательный процесс, межличностные отношения школьников**

# FORMATION OF THE COLLECTIVE OF FIRST CLASSES IN EDUCATIONAL ACTIVITY

**[1]Lazarev M.A., [2]Moskvina A.S., [3]Kurbatova N.V.**

*[1]Chekhov technical college, Novyj Byt, Noscow region, e-mail: cerambycidae@fromru.com, humanityspace@gmail.com;*

*[2]Moscow State Regional University, Moscow, e-mail: anna.moskvina@list.ru;*

*[3]Academy of Fine Arts and Watercolors by Sergey Andriaka, Moscow, e-mail: kurbatovanv@yandex.ru*

The article deals with the problem of studying children's collective from the position of pedagogical knowledge. A theoretical analysis of Russian literature on pedagogy is conducted to identify the definition of «collective». The process of formation and development of children's collective is shown. The importance of uniting children's collective and collective education is revealed. An attempt is made to understand the realization of the formation of the personality, which occurs under the influence of the collective in the process of interpersonal interaction. The formation of the collective of first-graders, the issue of education in the team, is of exceptional interest and relevance at the present time. The issue of upbringing in the collective and through the collective remains relevant at the present time. The effectiveness of the developed program for the formation of the first-graders' collective, which can be used in the work of elementary school teachers, is experimentally tested. The results of the «Methods for studying the level of development of children's collective» are analyzed after the implementation of the program on the methodology «What is our collective?». The purpose of this methodology, the identification of the degree of cohesion and the attitude of children towards the collective of the school class. After the implementation of the program, an analysis of the results of the «Questioning of Teachers and Teachers» is made using the example of the author's questionnaire of surveys of teachers and educators working with primary school classes.

**Keywords: formation of a collective, unification of pupils, model of society, personality of the child, domestic system of upbringing, educational process, interpersonal relations of schoolchildren**

Исследования в области педагогики коллектива в нашей стране имеют давнюю традицию. В настоящий период развития отечественной педагогики от термина «коллектив» отказались. Однако оказалось, что достаточно чётких представлений о воспитательном процессе коллектива не имеют. Непонятны и механизмы воздействия на личность ребёнка внутри детского коллектива. Воспитатели нередко заменяют без достаточных для того оснований воздействия одного типа воздействиями другого.

В отечественной литературе принципы коллективного воспитания обоснованы в педагогических трудах П.П. Блонского, Н.К. Крупской, А.В. Луначарского, В.А. Сухомлинского, К.Д. Ушинского, С.Т. Шацкого. Центральное место в теории коллективного воспитания занимают труды крупнейшего советского педагога А.С. Макаренко, разработавшего модель «воспитательного коллектива».

В начале XX века великие педагоги П.Ф. Каптерев, Н.И. Пирогов, Л.Н. Тол-

стой, К.Д. Ушинский занимались изучением организационных условий поддержки и сопровождения в группе сверстников, атмосферы взаимовыручки и сотрудничества. Авторы рассматривали непосредственно вопросы формирования коллектива и использования его ресурсов для гармоничного развития личности.

Проведённый анализ педагогической литературы выявил противоречие между необходимостью развития детского коллектива младших школьников и недостаточной разработанностью методического обеспечения формирования коллектива первоклассников.

Цель исследования: выявить педагогические условия формирования детского коллектива.

Объект исследования: процесс формирования коллектива младших школьников.

Предмет исследования: педагогические особенности формирования коллектива первоклассников в учебной деятельности.

Задача исследования:

1. Рассмотреть исторические предпосылки исследования детского коллектива в отечественной литературе.

2. Проверить эффективность ранее разработанной программы и провести анализ результатов формирования коллектива первоклассников в учебной деятельности.

## Материалы и методы исследования

1. Теоретический анализ научной литературы по проблеме исследования.

2. Эмпирический (наблюдение, анкетирование беседы с педагогами, учащимися первого класса, родителями).

3. Метод качественной и количественной обработки данных исследований (обработка и оформление результатов исследований в виде таблиц).

Исследование проводилось на базе МБОУ СОШ № 31 г.о. Мытищи Московской области. В эксперименте принимали участие 25 учеников 1 «А» класса в возрасте 7–8 лет (10 мальчиков и 15 девочек).

## Результаты исследования и их обсуждение

Теоретический анализ научной литературы по проблеме данного исследования в области педагогики показал, в частности, что становление и развитие детского коллектива, переход его от стадии к стадии, реализация воспитательных функций – процесс не стихийный, а управляемый. Управляют данным процессом педагоги, задавая и совершенствуя организационную структуру коллектива, обогащая её жизнедеятельностью, путём развития детское самоуправления.

Интересен тот факт, что для высокоразвитого коллектива характерно наличие личных отношений и связей, чувство коллективизма и высокой информированности о внутриколлективных процессах. Однако имеются и отрицательные характеристики – это «закрытость системы и её низкая организованность» [1, с. 534].

Согласно результатам исследований отечественной системы воспитания, ведущая роль в формировании личности принадлежит коллективу. Данное утверждение является одним из принципиальных отличий российской системы от зарубежной системы.

В педагогической литературе коллективом называется объединение учеников-воспитанников, которых объединяет общая цель, деятельность, ответственность и руководящий орган. Влияние коллектива на становление личности ребёнка, регламентировано границами и интенсивностью сферы влияния детского коллектива, а также положением (психологически комфортное или некомфортное) ребёнка в системе отношений коллектива.

Понятие «коллектив» в педагогику введено А.С. Макаренко, который под коллективом рассматривал систему организованных и целеустремлённых личностей, обладающих органами коллектива. Автор отмечал, что коллектив является живым организмом, «имеющим свои органы и закрепленные за этими органами функции, полномочия и ответственность» [2, с. 103].

Необходимым условием развития коллектива является наличие общей цели, которая может не только увлечь, но и сплотить воспитанников. Очень важным представляется наличие традиций, которые скрепляют коллектив на всех стадиях его развития.

Так, рассматривая процесс становления и развития детского коллектива, Л.И. Новикова и А.Т. Куракин подчёркивают необходимое наличие управления таким процессом, при его переходе от этапа к этапу. Авторы особенно выделяют ведущую роль педагога в управлении детским коллективом, так как только учитель, задавая целевые ориентиры в совместной деятельности, совершенствует структуру организации детского коллектива, наполняя содержательно его жизнь и развивая детское самоуправление.

Только педагог, развивая внутренние и межличностные отношения в коллективе, за счёт введения в его жизнь уместных и целесообразных ситуаций, направляет и координирует деятельность детей, способствуя развитию их самоорганизации, одновременно включая детский коллектив в общественную систему социальных отношений [3, с. 12].

Главная отличительная особенность воспитательного коллектива заключается в социальной функции воспитания, которая определяет специфику его структуры. Любой коллектив представляет собой систему из двух относительно независимых коллективов. В состав могут входить воспитанники – учащиеся – воспитатели – педагоги – обучающиеся. При этом педагогическое обеспечение воспитательного процесса направлено на организацию воспитания жизнедеятельности воспитанников, в которую включают их педагоги.

Исследователь А.Н. Лутошкин рассматривает коллектив как компонент образовательного процесса социокультурного развития, который, развиваясь сам, создаёт среду для развития учащегося. Важным условием развития классного коллектива является наличие благоприятного климата для развития и проживания в нём всех субъектов этого процесса. Каждый ребёнок, участвуя в образовательном процессе, вносит свой вклад в психологический климат класса, при этом чувствуя на себе его влияние [4, с. 33].

В организации и развитии детских коллективов, их жизнедеятельности и коррекции межличностных отношений школьников могут быть использованы микрогруппы, показавшие высокую эффективность. Применение индивидуального подхода предоставляет комфортные условия для их развития в коллективной системе, оказывая эффективное воздействие через коллектив на индивидуальное личностное развитие школьника.

Ученический коллектив – группа сверстников, связанная общей (учебной) целью и деятельностью, обладающая общими выборными органами, характеризующаяся сплоченностью, ответственностью, взаимозависимостью и равенством всех членов группы в правах и обязанностях. Нужно отметить, что одним из основных условий формирования коллектива первоклассников является организация целенаправленной, систематической и управляемой деятельности школьника, сочетающей учебную деятельность, а также направленной на достижение общих целей в учёбе, спорте, общественно-полезной работе и творческой деятельности.

В работе М.А. Лазарева и О.А. Савченко разработана и реализована программа «Формирование коллектива первоклассников в учебной и внеурочной деятельности» [5]. На основании данной работы проведена диагностика с целью проверки эффективности программы и проведён анализ результатов формирования коллектива первоклассников в учебной деятельности.

Благодаря реализованной программе в результате эксперимента выявлено понижение количество конфликтов, сопровождаемых открытой агрессией между первоклассниками. При проведении совместной деятельности дети стали объединять свои усилия, и проявлять групповую активность, помогая друг другу. Наиболее показательны в этом отношении совместные соревнования и подготовка к праздникам.

Для изучения уровня сформированности коллектива первоклассников была применена методика, разработанная А.Н. Лутошкиным, «Какой у нас коллектив?». Результаты проведённой диагностики представлены в табл. 1.

**Таблица 1**

Методики исследования уровня развития детского коллектива после реализации программы

| № п/п | Уровни развития коллектива | Показатели | |
|---|---|---|---|
| | | До экспериментальной работы | После экспериментальной работы |
| 1 | Низкий | 60% | 12% |
| 2 | Средний | 24% | 60% |
| 3 | Высокий | 16% | 28% |

Из результатов, представленных в табл. 1 видно, что произошли количественные изменения. Показатели высокого уровня с 16% (4 ученика) до 28% (7 учеников) и среднего уровня с 24% (9 учеников) до 60% (15 учеников), за счёт уменьшения количества первоклассников с низким уровнем сплоченности коллектива с 60% (15 учеников) до 12% (3 ученика).

После реализации программы «Формирование коллектива первоклассников в учебной деятельности» выявлены сдвиги на всех трех уровнях:

– 28% младших школьников от общего количества группы стали оценивать свой класс, как дружный и сплочённый коллектив, где отношения строятся на взаимовыручке и взаимопонимании;

– 60% школьников оценили свой класс как дружный, но с незначительными ограничениями в межличностном общении, определив класс как коллектив средней сплоченности;

– и только 12% первоклассников оценили коллектив как не сплоченный, но в перспективе возможны изменения мнения (это было обозначено самими школьниками).

Таким образом, на основании полученных данных по данной методике изучения уровня развития детского коллектива можно сделать вывод, класс имеет высокий

уровень и высокую тенденцию к формированию коллектива с выраженными признаками сплоченности и развитыми отношениями внутри коллектива, так как кроме учебной деятельности детей объединяет интерес к внеклассным совместным мероприятиям. Проведя оценку состояния внутри класса, его можно оценивать как достаточно благоприятный и для формирования личности в коллективе, и коллектива класса.

Для оценки эффективности сформированности детского коллектива использована авторская анкета опроса педагогов начальной школы, работающих с этим классом. Анкета содержала пять вопросов и предполагала три варианта ответов: да, нет, иногда. Полученные результаты представлены в табл. 2.

При проведении анализа ответов педагогов и воспитателей на вопросы анкеты, были получены следующие результаты.

На первый вопрос: «Имеется ли коллектив в классе, в котором вы работаете?», положительно ответили 60% (3 человека) педагогов, а 40% (2 человека) опрошенных ответили «иногда». В частности были получены ответы: «…у первоклассников разные интересы, поэтому коллектив есть, но он находится в стадии формирования»; «…коллектив есть, особенно это видно во время соревнований, когда необходима общая победа».

На второй вопрос: «Можно ли оценить класс как дружный и бесконфликтный?» положительно ответили 60% (3 человека) педагогов, а 20% (1 человек) ответили «иногда», также 20% (1 человек) группы педагогов и воспитателей ответили «нет». Были получены ответы: «…дети дружелюбны и общительны, несмотря на то, что класс многонациональный»; «…класс дружный, однако возникают конфликты, в ситуации борьбы за лидерские позиции».

На третий вопрос: «Поддерживают ли первоклассники друг друга в процессе осуществления учебной деятельности?» положительно ответили 40% (2 человека) опрошенных, 40% (2 человека) от общего числа опрошенных педагогов и воспитателей ответили «иногда», отрицательный ответ прозвучал у 20% (1 человек) группы. В частности получены ответы: «…в основном отмечается поддержка, но между некоторыми мальчиками и девочками возникает соперничество»; «класс дружный, в процессе обучения поддерживают друг друга».

При ответе на четвертый вопрос: «С желанием ли участвуют учащиеся во внеурочной деятельности?» 80% (4 человека) педагогов и воспитателей ответили положительно, 20% (1 человек) опрошенных ответили «иногда». Ответ «нет» на четвертый вопрос не прозвучал. Были получены ответы: «…в коллективных мероприятиях первоклассники участвуют с большим удовольствием, отмечается наличие взаимопомощи и товарищеской поддержки»; «… девочки доброжелательны и стараются помочь учителю в организационных моментах реализации внеурочной деятельности».

На пятый вопрос: «Переживают ли первоклассники за честь класса?» 60% (3 человека) опрошенных ответили положительно, «нет» ответили 20% (1 человек) и 20% (1 человек) ответили «иногда». Прозвучали следующие ответы педагогов и воспитателей: «…дети дружат между собой, помогают и переживают за класс»; «…некоторые не испытывают никаких переживаний из-за своих особенностей характера».

В результате проведённого опроса педагогов и воспитателей выявлено единодушное мнение, что коллектив в данном классе существует. Имеются некоторые особенности, оказывающие влияние на его формирование. Например, особенности характера и темперамента первоклассников, гендерные различия, ситуации и окружающая атмосфера, а также влияние находящегося рядом взрослого (педагога или воспитателя).

**Выводы**

1. Мы выявили, что коллектив – это группа людей, объединенная социально-ценностными отношениями и деятельностью.

**Таблица 2**

Результаты анкетирования педагогов и воспитателей после реализации программы

| № п/п | Вопрос | Ответы | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Да | Нет | Иногда |
| 1 | Имеется ли коллектив в классе, в котором вы работаете? | 60% | 0% | 40% |
| 2 | Можно ли оценить класс как дружный и бесконфликтный? | 60% | 20% | 20% |
| 3 | Поддерживают ли первоклассники друг друга в процессе осуществления учебной деятельности? | 40% | 20% | 40% |
| 4 | С желанием ли участвуют учащиеся во внеурочной деятельности? | 80% | 0% | 20% |
| 5 | Переживают ли первоклассники за честь класса? | 60% | 20% | 20% |

2. Развитие и формирование личности возможно осуществлять только с помощью коллектива и через коллектив, где коллектив выступает как форма целостной организации жизни субъекта, которая предоставляет возможности для одновремнного воспитательного воздействия как на отдельно взятую личность, так и группу, обеспечивая условия для взаимовлияния личности друг на друга.

3. Процесс формирования предполагает организацию целенаправленной, совместной, руководимой деятельностью учащихся, учителей и родителей.

4. Оценка успешности программы формирования коллектива первоклассников в учебной деятельности осуществлялась с помощью комплекса взаимодополняющих методик: «Методика изучения уровня развития детского коллектива», анкетирование учащихся, учителей и воспитателей.

**Список литературы**

1. Немов Р.С. Общая психология: В 3 кн. Книга 1: Введение в психологию / Р.С. Немов. – 6-е изд. – М.: Московский психолого-социальный университет, 2016. – 726 с.

2. Макаренко А.С. Книга для родителей / А.С. Макаренко. – СПб.: «Питер», 2016. – 288 с.

3. Новикова Л.И. Педагогическая концепция детского коллектива. Актуальные проблемы / Л.И. Новикова, А.Т. Куракин // Вопросы психологии. – 1983. – № 5. – С. 9–18.

4. Лутошкин А.Н. Эмоциональная жизнь детского коллектива / А.Н. Лутошкин. – М.: Академия, 2008. – 46 с.

5. Лазарев М.А. Формирования коллектива первоклассников в учебной и внеурочной деятельности: экспериментальное исследование / М.А. Лазарев, О.А. Савченко. – М.: МАО, 2018. – 56 с.

УДК 374.1

# ПЕРСПЕКТИВА РЕАЛИЗАЦИИ КОВОРКИНГА В ДИСТАНЦИОННОМ ОБУЧЕНИИ НА ПРИМЕРЕ СИСТЕМЫ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ ДЕТЕЙ

**[1]Маясова Т.В., [2]Лекомцева А.А., [1]Федянина С.П.**

*[1]ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный педагогический университет им. Козьмы Минина» (Мининский университет), Нижний Новгород, e-mail: vip.mayasova@mail.ru;*
*[2]ГБОУ ДПО «Нижегородский институт развития образования», Нижний Новгород, e-mail: lecomtseva.anna@yandex.ru*

Настоящая статья посвящена раскрытию возможности реализации в системе дополнительного образования детей новой формы организации дистанционного обучения – коворкингу. Обосновывается необходимость внедрения и развития образовательного коворкинга в работу областной заочной школы «Академия знаний» как эффективной педагогической среды, которая позволит расширить предложения по спросу на исследовательские и проектные технологии обучения. Инновационная форма совместного взаимодействия всех участников образовательного процесса обеспечит популяризацию основных направленностей дополнительного образования и привлечет большее число детей из сельской местности путем повышения доступности образования через систему дистанционного обучения. Показана имеющаяся положительная динамика роста количества обучающихся и относительно стабильное число районов Нижегородской области, принимающих участие в дистанционном обучении областной заочной школы. В статье предложена и описана схема реализации образовательного коворкинга, включающая в себя несколько зон. Проблемная зона реализуется в режиме учебно-проектных сессий. Информационная зона основана на современных образовательных технологиях. Работа проектно-конструкторской зоны осуществляется в формате проектно-сетевых узлов по реализации исследовательских и социальных проектов как обучающихся, так и их педагогов-кураторов. Организационная зона определяет направления развития областной заочной школы, планирование всех этапов реализации проектно-исследовательской деятельности. Разработанная единая информационная область дистанционного обучения будет представлять из себя сложную динамическую самоорганизующуюся систему, отличительной чертой которой будет являться активность и совместная работа всех субъектов образовательного процесса.

**Ключевые слова: образовательный коворкинг, система дополнительного образования детей, дистанционное обучение, исследовательско-проектная деятельность**

# THE PROSPECT OF THE IMPLEMENTATION OF COWORKING IN DISTANCE EDUCATION ON THE EXAMPLE OF SYSTEM OF ADDITIONAL EDUCATION OF CHILDREN

**[1]Mayasova T.V., [2]Lekomtseva A.A., [1]Fedyanina S.P.**

*[1]Nizhny Novgorod State Pedagogical University Kozma Minin (Minin University), Nizhny Novgorod, e-mail: vip.mayasova@mail.ru;*
*[2]Russian Nizhny Novgorod Education Development Institute, Nizhny Novgorod, e-mail: lecomtseva.anna@yandex.ru*

This article is devoted to the disclosure of the possibility of implementing in the system of additional education for children a new form of distance learning organization – coworking. The necessity of introduction and development of educational coworking in the work of the regional correspondence school «Academy of Knowledge» is substantiated as an effective pedagogical environment that will expand the supply of demand for research and design training technologies. The innovative form of joint interaction of all participants of the educational process will ensure the popularization of the main directions of additional education and will attract more children from rural areas by increasing the accessibility of education through a distance learning system. The available positive dynamics of growth in the number of students and a relatively stable number of districts of the Nizhny Novgorod region participating in distance education of the regional correspondence school are shown. The article proposes and describes a scheme for the implementation of educational covorking, which includes several zones. The problem zone is realized in the mode of educational and project sessions. The information zone is based on modern educational technologies. The work of the design area is carried out in the format of project-network nodes for the implementation of research and social projects for both trainees and their curator educators. The organizational zone determines the direction of development of the regional correspondence school, planning all stages of the implementation of design and research activities. The developed single information area of distance learning will be a complex dynamic self-organizing system, the distinguishing feature of which will be the activity and joint work of all subjects of the educational process.

**Keywords: educational coworking, system of additional education of children, distance learning, research and project activity**

Государственная программа Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 гг. определяет электронное обучение как «одно из основных направлений кардинальной модернизации образования» [1]. Развитие региональной

системы дополнительного образования в соответствии с приоритетным проектом «Доступное дополнительное образование для детей» основывается на «обеспечении доступа к современным и вариативным дополнительным образовательным программам, в том числе детям из сельской местности» [2].

На современном этапе особую актуальность приобретают инновационные формы и методы обучения с внедрением новых информационных технологий. Этим задачам в полной мере соответствует дистанционная форма обучения, представляющая собой целенаправленный процесс интерактивного (диалогового) асинхронного или синхронного взаимодействия педагога и обучающихся между собой и со средствами обучения, индифферентная к их расположению в пространстве и во времени [3].

В настоящее время в системе дополнительного образования накоплен большой опыт по реализации сотрудничества всех субъектов образовательного пространства с помощью сетевых сообществ. Сеть понимается как способ совместной деятельности по решению определенной, общей для всех участников педагогического процесса проблемы [4]. При этом разные образовательные организации по необходимости объединяют ресурсы для достижения совместного конечного результата. Сетевое взаимодействие генерирует новые формы работы, например сетевые исследовательские проекты и программы.

Одно из наиболее широко представленных направлений сетевого взаимодействия – довузовская подготовка при высших учебных заведениях, когда старшеклассники являются участниками сетевых исследовательских сообществ [5]. Обучающиеся начальной и средней школы все чаще вовлекаются в сетевые сообщества при реализации образовательными организациями программ внеурочной деятельности (модель дополнительного образования детей) [6].

Основой любого сетевого взаимодействия является дистанционное обучение, доминантой которого выступает личная продуктивная деятельность обучающихся, выстраиваемая с помощью современных средств телекоммуникаций. Этот подход предполагает интеграцию информационных и педагогических технологий, обеспечивающих интерактивность взаимодействия субъектов образования и продуктивность учебного процесса [7].

В результате внедрения дистанционных форм обучения в образовательном процессе увеличивается информационная емкость занятий, глубина подачи материала без усиления нервно-психической нагрузки на детей за счет роста индивидуально-мотивационной деятельности; активизируется самостоятельная деятельность учащихся; создаются комфортные условия для углубленного изучения предмета, за счет разнообразия в общении становятся более гармоничными отношения в рамках «педагог – учащийся», психологическая среда – комфортной, преобладает эффективное (конструктивное) общение [8].

Цель исследования: раскрыть перспективы реализации образовательного коворкинга в дистанционном обучении как принципиально новой формы организации инновационной деятельности педагогов в условиях дополнительного образования на примере областной заочной школы Нижегородской области «Академия знаний».

Материалы и методы исследования: применен метод концептуального моделирования образовательного пространства в системе дополнительного образования детей.

## Результаты исследования и их обсуждение

В начале своей работы с 2002 по 2016 гг. областная заочная школа (ОЗШ) реализовывала дополнительные общеобразовательные общеразвивающие программы (ДООП) по 4 отделениям («Общая экология», «Экология и здоровье человека», «Юный техник», «Дизайн»). Но в последние годы возникла необходимость расширения предложений на исследовательские и проектные технологии обучения в системе дополнительного образования детей, поэтому на текущий год в «Академии знаний» дополнительно открылись еще два отделения: «Дизайн – проектирование» и «Анимационный дизайн».

Основными задачами деятельности ОЗШ являются: оказание методической помощи в написании учебно-исследовательских и проектных работ (актуализация и конкретизация тематики), расширение и углубление знаний в изучаемых областях, организационная и информационная поддержка участия обучающихся в мероприятиях различного уровня.

Для популяризации основных направленностей дополнительного образования в областной заочной школе «Академия знаний» активно используются ИКТ-технологии, расширяется сфера внедрения системы дистанционного обучения и акцент в деятельности делается на создание единой информационно-образовательной среды учебно-исследовательской и проектной деятельности (курса дистанционного обучения) для обучающихся об-

разовательных организаций области от 6 до 18 лет. С этой целью в 2016 г. созданы обучающие группы по всем отделениям на базе площадки «В контакте», в дальнейшем планируется разработка дистанционных курсов в системе Moodle. Это позволит обучающимся иметь свободный доступ к информационным ресурсам, получать качественное образование независимо от удаленности места жительства, выбирать удобный график обучения, развивать навыки самостоятельной работы.

Важнейшие функции, осуществляемые руководителями отделений, – увеличение эффективности познавательной, коммуникативной, контрольно-рефлексивной деятельности обучающихся. Благодаря проведению открытого обучения и предоставлению своевременной информации, достигается успешное выстраивание системы общественных, профессиональных и межличностных отношений всех субъектов образовательного процесса.

Обучающая линия осуществляется через размещение информации в новостной ленте группы «В контакте», а также путем знакомства с вики-материалами интересных страниц, тематических сообществ, видео- или аудиозаписями, размещенными в сети Интернет.

Коммуникативная линия осуществляется с помощью обучения в режиме онлайн и офлайн. Руководители отделений организуют разнообразные формы дистанционных занятий с обучающимися заочной школы. К онлайн-обучению относятся чат-уроки – это учебные занятия, которые планируются заранее, определяется точная дата и время проведения, при этом все участники имеют одновременный доступ к общению, например, используя Skype. Примеры учебных занятий, проводимых без привязки ко времени (офлайн-обучение), – это уроки-форумы (например, экоуроки «Разделяй с нами»), семинары, практикумы, экообмены (например, проведение Всероссийских дней в защиту птиц, заповедников, лесных животных). Для проведения таких занятий руководители отделений всю подготовленную информацию заранее размещают через новостную ленту, личные сообщения, электронную почту. Несмотря на то, что выполнение этих заданий участниками областной заочной школы, комментарии к ним, прикрепление уточняющих приложений может быть отсрочено во времени, важно соблюдать индивидуальный график тематического планирования. По согласованию с педагогами-кураторами предусмотрено проведение индивидуальных и групповых консультаций.

Контрольно-рефлексивная линия проходит поэтапно: участники выполняют практические задания исследовательского и проектного характера, которые оцениваются, комментируются и рецензируются всеми участниками образовательного процесса. Итогом обучения является проведение финалов областных конкурсов «Я познаю мир» для младших (6–7 и 8–9 лет) и «Академия знаний» для старших возрастных групп (10–12, 13–15, 16–18 лет).

В настоящие время образовательный коворкинг рассматривается, во-первых, в качестве сюжетно-деятельностной технологии, направленной на перевод пространства работы (делания) в пространство учения и освоения способа делания, а во-вторых, как катализатор процессов инновационного развития образования, обеспечивающий соорганизацию деятельностной кооперации различных субъектов образования и проектно-сетевую координацию педагогов-инноваторов с оптимальным использованием интеллектуальных, нравственно-волевых, антропологических ресурсов. Образовательный коворкинг как новый комплекс взаимосвязанных действий и процедур может обеспечить качество образовательных услуг педагогу на протяжении всей его профессиональной карьеры с помощью достаточно тонкого педагогического инструментария, позволяющего гибко реагировать на профессионально-личностные запросы и потребности, устранять причины неудовлетворенности своей деятельностью и формировать новые функциональные позиции [9].

Внедрение и развитие образовательного коворкинга в работу областной заочной школы «Академия знаний» как эффективной педагогической среды, на наш взгляд, необходимо для:

1) расширения предложений по спросу на исследовательские и проектные технологии обучения в системе дополнительного образования детей;

2) популяризации основных направленностей дополнительного образования (декоративно-прикладной, естественнонаучной, технической и др.);

3) привлечения большего числа детей из сельской местности путем повышения доступности образования через систему дистанционного обучения.

Реализация образовательного коворкинга в работе областной заочной школы «Академия знаний» планируется через проектирование четырех зон.

1. Проблемная зона необходима для выявления и анализа тех исследовательских запросов обучающихся, с которыми они

пришли в областную заочную школу. После проведения такого предварительного мониторинга интересов всех участников ОЗШ «Академия знаний» задачей кураторов отделений является перевод учебно-исследовательских запросов детей в статус образовательных маршрутов с поэтапным поиском способов их решения. Исходя из типологии запрашиваемых вопросов участников, возможно формирование среди них проблемных групп по схожим интересам, с последующим рассмотрением изучаемой ситуации с разных позиций, точек зрения. На текущий момент времени разработано тематическое планирование работы областной заочной школы, создан банк промежуточных практических заданий для обучаемых, подобран ряд методических разработок для очных занятий с кураторами. В дальнейшем планируются следующие этапы модернизации проблемной зоны: необходимо дифференцировать задания по пяти возрастным группам с учетом предварительного мониторинга исследовательских запросов всех участников школы. Наметилась тенденция организовать коллективы обучающихся по схожим интересам для более детального изучения исследуемого объекта или явления. Как показала педагогическая практика дистанционного обучения, руководителям отделений необходимо стать еще и координаторами социальных проектов, модераторами востребованных исследований, менторами в достижении профессионального роста, например, оказывать помощь в заполнении электронного портфолио участника ОЗШ.

2. Информационная зона должна обеспечить качественное содержание дистанционного обучения, удобство в поиске теоретического материала с использованием электронных образовательных ресурсов, оптимального диалога между всеми участниками коворкинга. В информационном обеспечении областной заочной школы уже проделана большая работа. В сессии управления информацией осуществляется регистрация пользователей, обеспечение информационной безопасности, размещение всего необходимого потока данных через новостную ленту. Руководителями отделений подобрана учебно-методическая литература, проведен анализ электронных образовательных ресурсов (ЭОР), собрана коллекция медиаматериалов, создан банк авторских разработок (презентаций, текстовых документов с очных занятий для кураторов исследовательских и проектных работ обучающихся), ведутся фотоотчеты со всех отчетных мероприятий. В дальнейшем планируется усовершенствовать сессию информационного поиска: разработать технологии доступа к информации через ключевые слова, сложные запросы, таксономию. Также планируется совместное заполнение глоссария всеми участниками образовательного процесса. Значимым предметом проектирования является сессия информационного обмена: проведение вебинаров, налаживание системы мгновенных сообщений (через вайбер, скайп), переход от системы офлайн-обучения (форумы) еще и к онлайн-обучению (чаты, онлайн-трасляции и др.). Реализация коворкинга в дистанционном обучении потребует апробации новых образовательных технологий (например, задачного и перевернутого сознания) для формирования научного мировоззрения обучающихся и их ранней профориентации.

3. Проектно-конструкторская зона организует технологию коллективного решения учебно-исследовательских задач. Итогом данной работы становятся новые проекты и востребованные исследования. В ходе совместной работы всех участников коворкинга осуществляется мотивация на успех, на достижение запланированных целей, наблюдается опережающий характер в обучении. Немаловажная задача проектно-конструкторской зоны – создание педагогического сопровождения, тьюторской помощи и поддержки как самих обучающихся, так и их руководителей-кураторов. В работе ОЗШ «Академия знаний» уже выявлена тенденция к объединению обучающихся по группам интересов, но, как показала практика, еще большее значение имеет создание ассоциации учителей, среди которых необходимо выделить координаторов в своих районах. Направления развития современного мира ориентируют переход от индивидуальных исследований и проектов к групповым и командным работам.

4. Организационная зона осуществляет соорганизацию и налаживание равноправного взаимодействия по дистанционному обучению всех участников школы. В организационной зоне ОЗШ «Академия знаний» руководители отделений были главным образом тьюторами для каждого обучающегося с момента их регистрации в школе до защиты в финале их исследовательских и проектных работ. Для большего привлечения обучающихся и реализации доступного дополнительного образования для всех детей руководителями отделений планируется разрабатывать индивидуальные маршруты для лиц с ОВЗ и одаренных детей, строить персональные ресурсные карты участников школы. Данные образовательные траектории – индивидуальные маршруты и построение персональных ресурсных карт

с дальнейшей возможностью максимального раскрытия способностей, личностного роста и развития обучающихся ОЗШ при минимальной затрате их временных, материальных и информационных резервов, созвучны реализации системно-деятельностного и практико-ориентированного подходов. Федеральный закон Российской Федерации от 29 декабря 2012 г. № 273-ФЗ «Об образовании» ориентирует на проектирование системы обучения, воспитания и развития подрастающего поколения на основе данных подходов [10].

## Выводы

Таким образом, перспектива внедрения новой образовательной технологии – коворкинга в систему дистанционного образования на примере ОЗШ «Академия знаний» ГБУДО «Центр развития творчества детей и юношества Нижегородской области» является вполне достижимой. Разработанная единая информационная область дистанционного обучения будет представлять из себя сложную динамическую самоорганизующуюся систему, отличительной чертой которой будет являться активность всех субъектов образовательного процесса (руководителей-тьюторов отделений, обучающихся областной заочной школы «Академия знаний», педагогов-кураторов исследовательских работ, координаторов районных центров, родителей). Все выстроенные линии дистанционного обучения (обучающая, коммуникативная, рефлексивно-оценочная) будут осуществляться путем как неформального сотрудничества всех участников коворкинга, так и пошаговой реализации всего тематического планирования для достижения заранее поставленных целей и задач дополнительных общеобразовательных общеразвивающих программ.

## Список литературы

1. Постановление Правительства РФ от 15.04.2014 № 295 «Об утверждении государственной программы Российской Федерации «Развитие образования» на 2013–2020 годы». URL: https://portal.ivedu.ru/dep/mouofurmn/commondocs/programs/roc_nporpaMMa_pa3B_обра3оВ_2013-2020.pdf (дата обращения: 14.06.2018).

2. Каплан Б.М. О современном содержании естественнонаучной направленности в дополнительном образовании детей // Экологическое образование для устойчивого развития: теория и педагогическая реальность: материалы Международной научно-практической конференции. – Н. Новгород: НГПУ им. К. Минина, 2015. – С. 357–361.

3. Маясова Т.В. Пример эффективного использования дистанционного обучения с использованием электронных образовательных ресурсов / Т.В. Маясова, С.П. Федянина, А.А. Лекомцева // Инновационные проекты и программы в психологии, педагогике и образовании: материалы Международной научно-практической конференции. – Уфа: Аэтерна, 2017. – С. 15–17.

4. Цирюльников А.М. Социокультурный подход к развитию системы образования. Образовательные сети // Вопросы образования. – 2010. – № 2. – С. 45–52.

5. Безрукова Н.П. Организационно-педагогические условия развития исследовательской компетенции учащихся в рамках сетевого исследовательского сообщества / Н.П. Безрукова, Т.К. Тимиргалиев, А.А. Безруков // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 11–4. – С. 866–869.

6. Золотарева А.В. Модели сетевого взаимодействия общего и дополнительного образования: монография / под ред. А.В. Золотаревой. – Ярославль: Изд-во ЯГПУ, 2012. – 176 с.

7. Набиев И.М. Перспективы дистанционного образования // Молодой ученый. – 2014. – № 2. – С. 799–801. URL: https://moluch.ru/archive/61/9218/ (дата обращения: 15.07.2018).

8. Ермолаева А.Д. Дистанционное обучение в системе дополнительного образования детей [Электронный ресурс]. – URL: https://docplayer.ru/57462575-Distancionnoe-obuchenie-v-sisteme-dopolnitelnogo-obrazovaniya-detey.html (дата обращения: 15.07.2018).

9. Игнатьева Г.А. Образовательный коворкинг как новый формат организации образовательного пространства дополнительного профессионального образования / Г.А. Игнатьева, О.В. Тулупова, А.С. Мольков // Образование и наука. – 2016. – № 5 (134) – С. 139–157.

10. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 14.06.2018).

УДК 37.035.6

# ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОГРАММЫ ПАТРИОТИЧЕСКОГО ВОСПИТАНИЯ ШКОЛЬНИКОВ КАДЕТСКОГО КЛАССА

**Сидоренко О.М., Маслак А.А.**

*Филиал ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный университет», Славянск-на-Кубани, e-mail: uo-27-soh10@mail.ru, anatoliy_maslak@mail.ru*

Настоящая статья посвящена оценке эффективности программы воспитательной программы по формированию патриотических качеств у школьников кадетского класса общеобразовательной школы. В исследовании принимали участие школьники одного кадетского класса и двух обычных классов. Проведен опрос школьников на основе разработанного опросника. Патриотизм рассматривается как латентная переменная, которая проявляется через индикаторы опросника. Обработка результатов опроса осуществляется в рамках теории латентных переменных на основе модели Раша, что позволяет измерить на линейной шкале уровень сформированности патриотических качеств. Выявлены индикаторы, которые лучше других дифференцируют школьников с низким и высоким уровнем сформированности патриотических качеств. Оценка эффективности программы патриотического воспитания проводилась на основе сравнительного анализа уровня сформированности патриотизма школьников кадетского класса по сравнению с обычными классами общеобразовательной школы. Статистическая обработка оценок уровня сформированности патриотизма проводилась с использованием двухфакторного дисперсионного анализа. Показано, что уровень патриотизма учащихся варьируется в небольшом диапазоне. Однако уровень патриотизма школьников кадетского класса статистически значимо выше, чем у школьников обычных классов. Не выявлено статистически значимого различия между девушками и юношами по уровню сформированности патриотических качеств.

**Ключевые слова: латентные переменные, патриотизм, модель Раша, линейная шкала, измерение**

# EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS OF THE PROGRAM OF PATRIOTIC EDUCATION OF PUPILS OF THE CADET CLASS

**Sidorenko O.M., Maslak A.A.**

*Kuban State University, Slavyansk-on-Kuban, e-mail: uo-27-soh10@mail.ru, anatoliy_maslak@mail.ru*

This article is devoted to the evaluation of the effectiveness of the program of the educational program on the formation of patriotic qualities of pupils of cadet class of secondary school. In research took part students of the cadet class and two regular classes. A survey of schoolchildren was conducted based on the developed questionnaire. Patriotism is considered as a latent variable, which is manifested through the indicators of the questionnaire. The survey data are processed within the framework of the theory of latent variables based on the Rasch model, which allows to measure the level of formation of patriotic qualities on a linear scale. There are revealed indicators that differentiate pupils with low and high level of patriotic qualities better than others. Evaluation of the effectiveness of the program of patriotic education was carried out based on a comparative analysis of the level of formation of patriotism of cadet class students with regular classes students of secondary school. Statistical processing of assessments of the level of formation of patriotism was carried out using two-factor analysis of variance. It is shown that the level of patriotism of students varies in a small range. However, the level of patriotism of pupils of cadet class is statistically significantly higher than that of pupils of ordinary classes. There was no statistically significant difference between girls and boys in the level of formation of patriotic qualities.

**Keywords: latent variables, patriotism, measurement, Rasch model, linear scale**

Цель исследования заключается в оценивании эффективности программы патриотического воспитания кадетов и сравнительном анализе уровня сформированности патриотизма кадетского класса по сравнению с обычными классами общеобразовательной школы. Актуальность исследования обусловлена переоценкой жизненных ценностей, происходящей в России, в частности это подчеркивается в работах О.М. Сидоренко [1] и О.Е. Сироткина [2, 3]. Необходимо также отметить, теме патриотизма большое внимание уделяется и в зарубежных исследованиях, например в работах J. Denham [4] и J. Wolak [5]. Несмотря на противоречивое отношение к патриотизму, он является одной из основ могущества страны и сохранения ее духовных ценностей. Поэтому особо акцентируется необходимость формирования патриотических качеств в школе. Об этом свидетельствуют высказывания многих ученых, например M. Sardoc [6], M. Hand [7, 8], M. Nincic, J.M. Ramos [9]. Как отмечено в работах С.Т. Алиевой [10], И.Л. Шишкиной [11], О.В. Леус [12], патриотизм является латентной величиной, которая проявляется через индикаторы, которые отражают аспекты проявления патриотизма. Для анализа факторов, которые влияют на уровень сформированности патриотических качеств школьников, необходимо, чтобы оценки были получены на линейной шкале.

Принципиальными недостатками многих распространенных способов конструирования обобщенных показателей являются нелинейность шкалы, что затрудняет ис-

пользование статистических методов обработки данных. В рамках теории латентных переменных измерения интегральных показателей осуществляются на линейной шкале. Это и обусловило применение этой теории для целей исследования. В отечественной литературе эта теория достаточно подробно рассмотрена в работах А.А Маслака и его учеников [13–15].

Латентная переменная «патриотизм» определяется набором из 60 индикаторов (пунктов опросника).

Респондентами были учащиеся 7–9-х классов средней общеобразовательной школы № 10 станицы Неберджаевской муниципального образования Крымский район. Седьмой класс является кадетским классом и воспитывается по соответствующей программе, восьмой и девятый классы воспитываются по обычной программе. Всего в опросе приняли участие 63 ученика.

## Материалы и методы исследования

Оценивание уровня патриотизма школьников было проведено в рамках теории измерения латентных переменных с использованием модели Раша. Теория измерения латентных переменных оказалась эффективной при решении многих задач в социальных системах [13–15]. Для обработки результатов опроса школьников для оценки латентной переменной «Уровень патриотизма» использовалась программа «Измерение латентных переменных», которая была разработана в Кубанском государственном университете под руководством проф. А.А. Маслака [14].

## Результаты исследования и их обсуждение

Оценки уровня сформированности патриотизма учеников и индикаторов, которые характеризуют эту латентную переменную, представлены на рис. 1.

В верхней части этого рисунка находится гистограмма, которая показывает, как распределены оценки патриотизма учеников на шкале «патриотизм». В нижней части рис. 1 представлены оценки индикаторов на той же шкале.

На основании полученных результатов измерения можно сделать следующие выводы:

1. Диапазон варьирования оценок патриотизма школьников относительно небольшой и равен 2,50 логит (+0,25; +2,75 логит).

Это означает, что есть различие между учениками по уровню сформированности патриотических качеств.

2. Оценки индикаторов варьируются в диапазоне – 4,00 логит (–2,50; +1,25 логит). Это означает, что данный опросник позволяет измерять как низкие, так и высокие уровни сформированности патриотизма.

Между оценками учеников и оценками индикаторов существует смещение. Средняя оценка учеников превышает среднюю оценку индикаторов на 1,338 логит. Это свидетельствует о том, что оценки патриотизма школьников значительно выше тех, которые подразумевает опросник.

В целях иллюстрации рассмотрены наиболее характерные индикаторы:

– индикатор, который в наибольшей степени дифференцирует школьников с низкими оценками патриотизма;

– индикатор, который в наибольшей степени дифференцирует школьников с высокими оценками патриотизма.

Функционирование индикаторов удобно представлять в виде так называемых характеристических кривых. Эти кривые показывают зависимость индикатора от латентной переменной, в данном случае от уровня патриотизма школьников. Ниже представлены характеристические кривые этих двух индикаторов.

*Характеристическая кривая индикатора, который в наибольшей степени дифференцирует школьников с низкими оценками патриотизма*

Таким индикатором является индикатор 4 «Знаете ли Вы, что относится к государственным символам?».

На рис. 2 представлена характеристическая кривая этого индикатора.

Характеристическая кривая, представленная на рис. 2, имеет следующую структуру. Значение латентной переменной «Уровень патриотизма» откладывается на оси абсцисс (в логитах). Значение индикатора откладывается по оси ординат. На данном рисунке индикатор варьируется от 0 до 1.

Вверху рисунка находится следующая информация:

– номер индикатора (4);

– название индикатора (Индикатор 4);

– оценка индикатора (–2,435);

– статистика Хи-квадрат (Хи-кв.: 1,733);

– эмпирический уровень значимости статистики Хи-квадрат (Р(Хи-кв.): 0,420).

Важным показателем является степень соответствия индикатора модели измерения Р(Хи-квадрат), поскольку именно он показывает, в какой степени индикатор адекватен модели измерения.

Процедура вычисления адекватности индикатора модели измерения состоит в следующем. Школьники ранжируются по полученным оценкам уровня патриотизма и разбиваются на несколько примерно равных по объему нескольким группам. Поскольку объем выборки небольшой (81), число групп равно трем. Эти группы состоят из школьников с низкими уровнем, средними уровнем и высокими оценками патриотизма (средние оценки всех этих групп

отображены на оси абсцисс штрихами). Далее вычисляется статистика Хи-квадрат, которая характеризует степень близости оценок этих групп, и оценок вычисленных с использованием модели Раша.

Значение рассматриваемой статистики P(Хи-квадрат) равно 0,450, что больше номинального уровня значимости 0,05. Это означает, что индикатор 4 адекватен модели измерения.

Характеристическая кривая индикатора 4 имеет наибольшую крутизну при малых значениях латентной переменной. Следовательно, данный индикатор в наибольшей степени дифференцирует школьников с низкими оценками патриотизма.

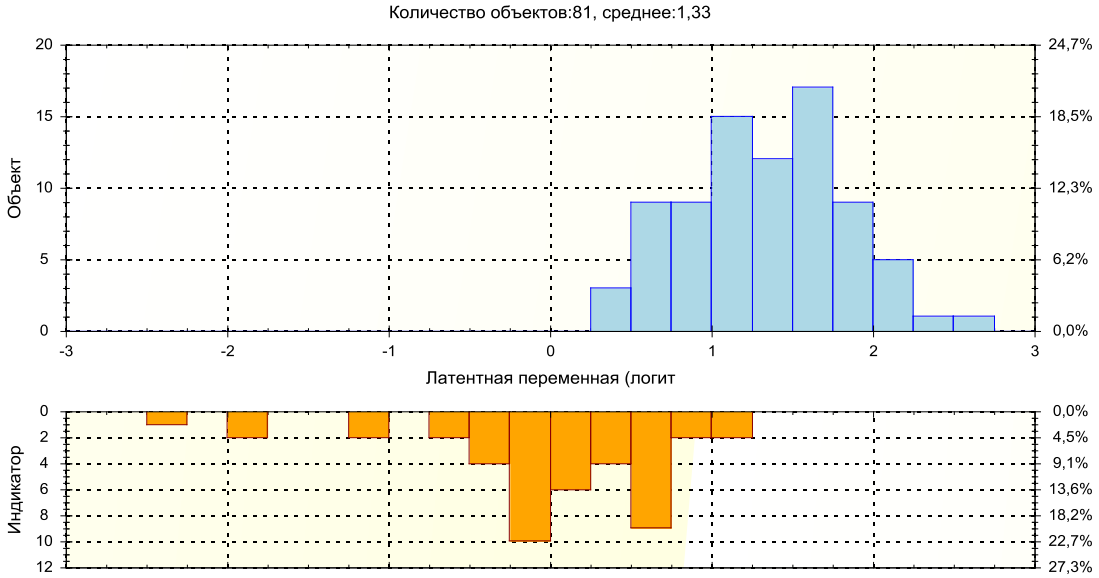



*Рис. 1. Оценки учеников и индикаторов на шкале «патриотизм»*

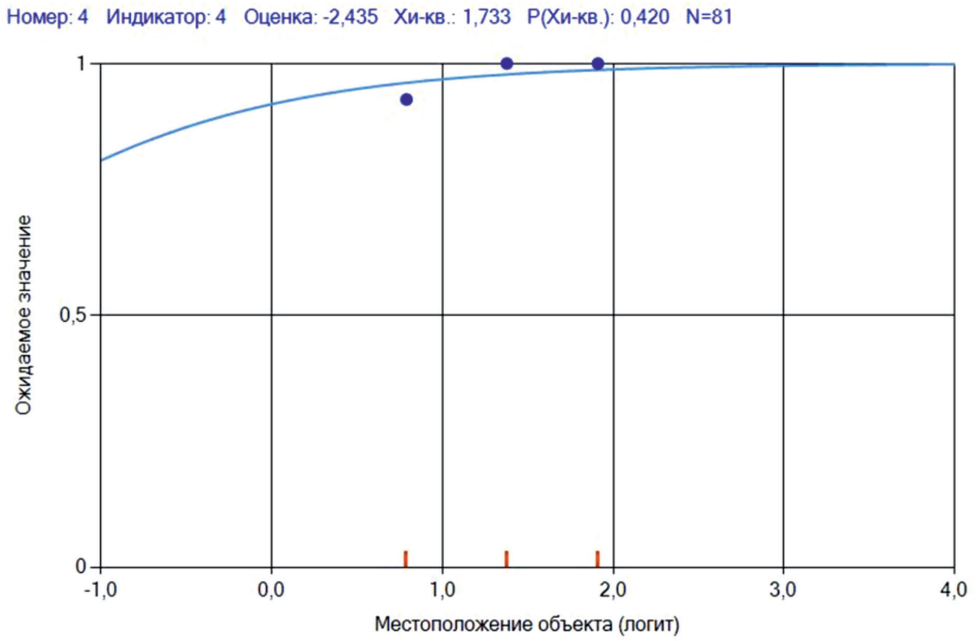



*Рис. 2. Ожидаемое значение индикатора 4 «Знаете ли Вы, что относится к государственным символам?» в зависимости от латентной переменной*

*Характеристическая кривая индикатора, который в наибольшей степени дифференцирует школьников с высокими оценками патриотизма*

Наибольший уровень патриотизма характеризует индикатор 33 «Патриотизм проявляется в конструктивной критике недостатков в стране». Характеристическая кривая этого индикатора имеет наибольшую крутизну при высоких значениях латентной переменной. Это означает, что индикатор 33 лучше других дифференцирует учеников с высокими уровнями сформированности патриотических качеств. На рис. 3 представлена характеристическая кривая этого индикатора. Характеристическая кривая индикатора 33 имеет наибольшую крутизну при более высоких значениях уровня патриотизма по сравнению с характеристической кривой индикатора 4.

*Анализ результатов измерения*

Исследуемые факторы, пол ученика и класс, в котором учится ученик, являются качественными, поэтому в качестве метода статистической обработки результатов измерения выбран дисперсионный анализ.

В табл. 1 представлены результаты дисперсионного анализа оценок патриотизма учеников в зависимости от пола и класса.

Интерпретируем результаты дисперсионного анализа. Из табл. 1 следует, что значимым источником дисперсии является фактор «класс», эмпирический уровень которого значительно меньше номинального 0,05). Поэтому представляют интерес уровни этого фактора (табл. 2).

Данные, приведенные в табл. 2, свидетельствуют о том, что наибольший уровень патриотизма оказался у школьников кадетского класса (1,821 логит), наименьшие – у школьников обычных классов (1,069 и 0,968 логит) соответственно.

Фактор пол оказался незначимым (эмпирический уровень равен 0,081, что больше 0,05). Тем не менее представляют интерес оценки патриотизма юношей и девушек (табл. 3).

Таким образом, уровень патриотизма юношей несколько выше (равен 1,370 логит), чем уровень патриотизма девушек (равен 1,202 логит). Однако между этими средними, как уже было отмечено выше, нет статистически значимого различия.

## Выводы

1. В работе показана целесообразность использования теории измерения латентных переменных для оценивания патриотизма школьников.

2. Опросник для оценивания патриотизма обладает достаточной разрешающей способностью, что позволило оценить эффективность программы патриотического воспитания учеников кадетского класса. Уровень патриотизма школьников измерен на линейной шкале, что важно для использования методов статистической обработки.

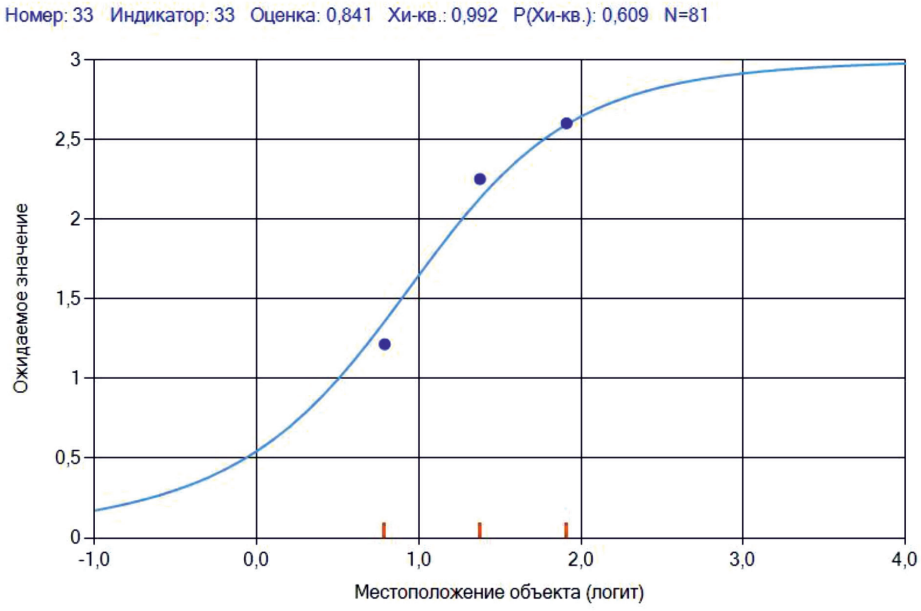



*Рис. 3. Характеристическая кривая индикатора 33 «Патриотизм проявляется в конструктивной критике недостатков в стране»*

**Таблица 1**

Дисперсионный анализ оценок патриотизма учеников

| Источник дисперсии | Сумма квадратов | Степень свободы | Средний квадрат | Fэксп | p |
|---|---|---|---|---|---|
| Класс | 9,715 | 2 | 4,858 | 35,774 | <0,001 |
| Пол | 0,429 | 1 | 0,429 | 3,162 | 0,081 |
| Класс * Пол | 0,744 | 2 | 0,372 | 2,739 | 0,073 |
| Ошибка | 7,740 | 57 | 0,136 | | |
| Всего | 18,408 | 62 | | | |

**Таблица 2**

Оценки патриотизма школьников в зависимости от класса

| Класс | Среднее (логит) | Стандартная ошибка (логит) | 95% доверительный интервал | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Нижняя граница | Верхняя граница |
| 7 | 1,821 | 0,077 | 1,667 | 1,975 |
| 8 | 1,069 | 0,092 | 0,884 | 1,253 |
| 9 | 0,968 | 0,075 | 0,817 | 1,120 |

**Таблица 3**

Оценки патриотизма девушек и юношей

| Пол ученика | Среднее (логит) | Стандартная ошибка (логит) | 95% доверительный интервал | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Нижняя граница | Верхняя граница |
| Юноши | 1,370 | 0,066 | 1,239 | 1,501 |
| Девушки | 1,202 | 0,068 | 1,066 | 1,338 |

3. Эмпирически подтверждена эффективность программы патриотического воспитания школьников, которая использовалась в кадетском классе. Между девушками и юношами нет значимого различия по уровню патриотизма.

### Список литературы


1. Сидоренко О.М. Измерение на линейной шкале уровня патриотизма школьников / О.М. Сидоренко, А.А. Маслак // Научно-методический электронный журнал «Концепт». – 2017. – № 1. – С. 35–41. URL: http://e-koncept.ru/2017/170005.htm (дата обращения: 22.05.2018).

2. Сироткин О.Е. Воспитание патриотизма в образовательной среде современной школы / О.Е. Сироткин, А.В. Основин // Известия Южного федерального университета. Педагогические науки. – 2015. – № 6. – С. 80–86.

3. Тринитатская О.Г. Патриотическое воспитание школьников как педагогическая проблема современной школы / О.Г. Тринитатская, О.Е. Сироткин, А.В. Основин // Известия Южного федерального университета. Педагогические науки. – 2015. – № 9. – С. 73–84.

4. Denham J. A New Progressive Patriotism. The Political Quarterly, 2017, vol. 88, Issue 1, pp. 97–105.

5. Wolak J., Dawkins R. The Roots of Patriotism Across Political Contexts. Politicsal Psychology, 2016, vol. 38, Issue 3, pp. 391–408.

6. Sardoc M. The Anatomy of Patriotism. Anthropological Notebooks, 2017, vol. 23, Issue 1, pp. 43–55.

7. Hand M. Patriotism in Schools. Impact, 2011, vol. 2011, Issue 19, pp. 1–40.

8. Hand M. Should We Promote Patriotism in Schools? Political Studies, 2011, vol. 59, Issue 2, pp. 328–347.

9. Nincic M., Ramos J.M. The Sources of Patriotism: Survey and Experimental Evidence. Foreign Policy Analysis, 2012, vol. 8, Issue 4, pp. 373–388.

10. Динамика процесса патриотического воспитания старшеклассников в условиях актуализации социальной инициативности и активности / С.Т. Алиева и [др.] // Известия Южного федерального университета. Педагогические науки. – 2017. – № 6. – С. 59–64.

11. Шишкина И.Л. Теоретическая модель дидактических функций педагогических измерений / И.Л. Шишкина // Известия Южного федерального университета. Педагогические науки. – 2016. – № 5. – С. 83–92.

12. Маслак А.А. Методика измерения качества профессиональной деятельности учителя. Методические рекомендации / А.А. Маслак, О.В. Леус, А.А. Данилов / Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования Славянский-на-Кубани государственный педагогический институт; Лаборатория объективных измерений. – Славянск-на-Кубани, 2009. – 41 с.

13. Дроздов В.И. Использование современной теории тестологии при оценке качества АПИМ / В.И. Дроздов, А.А. Маслак, Ю.М. Новиков // Известия Курского государственного технического университета. – 2008. – № 4 (25). – С. 87–95.

14. Маслак А.А. Методика измерения латентных переменных – расширение инструментария политэкономических исследований / А.А. Маслак, А.Я. Махненко, С.А. Позднякова // Экономический вестник Ростовского государственного университета. – 2008. – Т. 6, № 2–3. – С. 19–22.

15. Маслак А.А. Измерение уровня развития инфраструктуры сферы образования в субъектах РФ / А.А. Маслак, С.А. Позднякова, А.А. Данилов // Высшее образование в России. – 2008. – № 2. – С. 102–108.

УДК 37.013:376.3

# ОРГАНИЗАЦИЯ ОБУЧЕНИЯ И ВОСПИТАНИЯ В ШКОЛЕ-ИНТЕРНАТЕ ДЛЯ СЛАБОВИДЯЩИХ И СЛЕПЫХ ДЕТЕЙ

**[1]Хамадеева Р.Х., [1]Большакова Н.Л., [2]Испулова С.Н.**

*[1]ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», Уфа, e-mail: HamadeevaRH@mail.ru;*
*[2]ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск*

Статья посвящена особенностям процесса обучения и воспитания слабовидящих детей в условиях школы-интерната. Рассмотрена специфика работы школ для слепых и слабовидящих детей. Определены основные направления социально-педагогической работы с учащимися школы-интерната: обучение, воспитание, адаптация, реабилитация, социализация, коррекция, профориентация, организация и проведение культурно-массовых мероприятий, занятий по формированию средовых навыков и др. Составлена обобщенная характеристика работы социального педагога в условиях школы-интерната (основные функции, ведение специальной документации). В статье представлены данные проведенного авторами эмпирического исследования на базе Уфимской специальной (коррекционной) общеобразовательной школы-интерната № 28 III–IV видов, определяющие важность усвоения учебного материала детьми с нарушениями зрения. Исследованием было охвачено 100 учащихся (проведен опрос) и 30 педагогов (проведено анкетирование). Основные результаты свидетельствуют о том, что основной сложностью вхождения учащихся в коллектив является проблема в установлении контакта, согласно ответам педагогов, на первом месте стоят сложности в усвоении учебного материала. Авторы пришли к выводу, что помимо психофизических данных ребенка, огромное значение имеет повышение качества работы специалистов данного типа учреждений, проведение индивидуальной социально-педагогической работы с учащимися и их родителями.

**Ключевые слова: дети с нарушениями зрения, школа-интернат, обучение и воспитание**

# ORGANIZATION OF EDUCATION AND UPBRINGING IN BOARDING SCHOOL FOR VISUALLY IMPAIRED AND BLIND CHILDREN

**[1]Khamadeeva R.Kh., [1]Bolshakova N.L., [2]Ispulova S.N.**

*[1]Bashkir State University, Ufa, e-mail: HamadeevaRH@mail.ru;*
*[2]Nosov Magnitogorsk State Technical University, Magnitogorsk*

The article is devoted to the peculiarities of the process of teaching and educating visually impaired children in the conditions of a boarding school. The specifics of the work of schools for blind and visually impaired children are considered. The main directions of social and pedagogical work with students of the boarding school are determined: education, upbringing, adaptation, rehabilitation, socialization, correction, vocational guidance, organization and holding of cultural events, classes on the formation of environmental skills, etc. A generalized description of the work of the social teacher in conditions of the boarding school (basic functions, maintenance of special documentation). The article presents the data of the empirical research carried out by the authors on the basis of the Ufa special (correctional) general boarding school №28 of III-IV species that determine the importance of mastering the educational material by children with visual impairments. The study covered 100 students (a survey was conducted) and 30 teachers (a questionnaire was conducted). The main results show that the main difficulty of students entering the team is the problem of establishing contact, according to the teachers' answers, the first place is the difficulty in mastering the teaching material. The authors concluded that in addition to the child's psychophysical data, great importance should be given to improving the quality of the work of specialists of this type of institution, conducting individual social and pedagogical work with students and their parents.

**Keywords: children with visual impairment, boarding school, education and upbringing**

Количество детей с ограниченными возможностями здоровья растет с каждым годом. Это связано как с пороками, поломками генетического, внутриутробного развития, так и с различного рода травмирующими ситуациями, катастрофами, неблагополучными условиями проживания, включая небрежное или жестокое обращение с детьми. Вместе с тем в России в системе общего и профессионального образования идет процесс перехода от специализированных учреждений к инклюзивным. Однако этот переход требует значительных затрат: временных, людских ресурсов, материальных вложений и др. Поэтому наблюдается незначительное количество инклюзивных образовательных учреждений наряду со специальными и обычными общеобразовательными. В данной статье рассмотрим проблемы образования и воспитания детей слабовидящих и слепых в условиях специализированной школы-интерната.

Дети с серьезными нарушениями зрения испытывают ряд сложностей: их восприятие мира ограничено, круг общения невелик, самооценка понижена и др. Все это способствует возникновению сложностей в плане общения, как со сверстниками, так и с педагогами, что отражается на процессе овладения знаниями, формирования

личностных качеств. Как правило, такие дети не испытывают удовольствия от процесса обучения, что еще в большей степени осложняет их процесс обучения. В силу эмоциональной незрелости они не готовы к проявлению и дальнейшему формированию партнерских отношений как в микросоциуме, который в данном случае представлен коллективом учащихся и педагогов специализированного образовательного учреждения, так и в дальнейшем с социумом в широком понимании этого понятия.

Все обозначенное выше актуализирует проблему реабилитации и адаптации детей, лишенных зрения. В этой связи деятельность специализированной школы-интерната рассматривается не только с точки зрения формирования у учащихся суммы определенных знаний, сколько с позиции научения максимально самостоятельной и полноценной жизни в обществе. Безусловно, для реализации эффективного процесса обучения и воспитания в условиях школы-интерната для слабовидящих и слепых детей необходимо создание особых условий: материально-технического обеспечения, кадрового состава, имеющего специальную подготовку и понимающего свою особую миссию, связанную в том числе с подготовкой выпускников к посллдующему самоопределению.

Для более детального анализа изучения и определения проблемы организации обучения и воспитании слабовидящих и слепых детей нами была выбрана Уфимская специальная (коррекционная) общеобразовательная школа-интернат № 28 III–IV видов. Данное учреждение образования для детей с нарушениями зрения имеет достаточно длительную историю. Школа была открыта в конце 1920-х гг. в соответствии с приказом Народного Комиссариата просвещения как областная школа для слепых и слабовидящих детей имени 10-летия БАССР. С целью расширения базы в 1932 г. школа перехала г. Бирск [1, с. 362]. С 1964 г. школа находится и работает в г. Уфе.

Основной целью деятельности педагогического состава школы-интерната является социальная адаптация учащихся. Для реализации поставленной цели разработаны адаптированные учебные программы, учитывающие сохраненные анализаторы учащихся, с одной стороны, а с другой, направленные на формирование коррекционно-компенсаторных навыков [2, с. 3].

Все учащиеся являются инвалидами с детства по зрению и в школу-интернат принимаются по направлению Министерства образования Республики Башкортостан. На данный момент в школе обучается 179 учащихся из всех городов и районов республики.

Все учащиеся распределены согласно степени потери зрения в классы трех видов. Для слабовидящих детей, способных к обучению по системе с укрупненным шрифтом – класс Б. Для незрячих и имеющих остаточное зрение, в обучении которых применяется рельефно-точечный шрифт, сформированы классы А. Слепые и слабовидящие дети с глубоким нарушением интеллекта организованы в классы В.

Наполняемость классов осуществляется в соответствии с Типовым положением о специальном (коррекционном) общеобразовательном учреждении для обучающихся, воспитанников с отклонениями в развитии (утвержденное Постановлением Правительства РФ от 12.03.97 № 228). Так, в классах типа А классов предусмотрено обучение до 6 человек, в классах типа Б (для слабовидящих) разрешается обучение до 12 человек и для класса В (для слепых и слабовидящих детей с глубоким нарушением интеллекта) до 5 человек. Сейчас в школе 25 классов.

В процессе обучения слабовидящих детей применяются дозированные зрительная и физическая нагрузки [3, с. 43], чередование различного рода упражнений, заданий с двигательными физкультминутками.

Специфика работы школ для слепых и слабовидящих детей проявляется в следующем [4, с. 5]: в учете общих закономерностей и специфических особенностей развития детей, в опоре на здоровые силы и сохранные возможности; в модификации учебных планов и программ, увеличении сроков обучения, перераспределении учебного материала и изменении темпа его прохождения; в дифференцированном подходе к детям, уменьшении наполняемости классов и воспитательных групп, применении специальных форм и методов работы, оригинальных учебников, наглядных пособий, тифлотехники; в специальном оформлении учебных классов и кабинетов, создании санитарно-гигиенических условий, организации лечебно-восстановительной работы; в усилении работы по социально-трудовой адаптации и самореализации выпускников.

Коррекционно-воспитательная работа, проводимая воспитателями, направлена на сохранение и дальнейшее развитие у детей общеобразовательных навыков. Проводимые воспитателями беседы формируют у детей положительное отношение к школе-интернату, способствуют их участию в различных спортивных и культурных мероприятиях, лечебно-трудовой деятельности. Занятия позволяют тренировать па-

мять, внимание, воображение и мышление, сохранять имеющийся уровень интеллекта, воспитывать чувство ответственности у детей за их поведение [5, с. 72].

С каждым ребенком проводится индивидуальная работа, направленная на выявление факторов, препятствующих развитию личности. На основе сделанного психолого-педагогического заключения определяются показания для проведения различных видов психологической помощи (психокоррекционной, реабилитационной, консультативной). С учетом индивидуальных и половозрастных особенностей личности планируются и разрабатываются развивающие и коррекционные программы, способствующие развитию у них готовности к ориентации в различных ситуациях и формированию психологической культуры.

На основании этих программ проводят коррекционные занятия для расслабления, концентрации воспитанников (применяются психологические игры, брайлевские выпуклые картинки, релаксация в сухом бассейне, на подушках под музыку), беседы по профориентации, со старшими классами беседы на тему «Взаимоотношения мужчины и женщины», «Я и мои комплексы» и т.д.

У большинства детей с проблемами зрения имеются нарушения речи. У них часто не сформирована речевая функциональная система, ограничен словарный запас, искажено понимание смысловой стороны речи. Нечеткость, узость восприятия затрудняет узнавание предметов, их форм, характерных внешних признаков. Дети не видят строки, путают сходные по начертанию буквы, теряют и повторяют строчки при чтении, не замечают знаков препинания, неправильно произносят слова. У слабовидящих детей отмечаются трудности фонетико-фонематического и артикуляционного свойства. При зрительной работе у слабовидящих детей быстро наступает утомление, снижается работоспособность [6, с. 19].

Важную роль в социальной реабилитации играет социальный педагог, который участвует в преодолении и профилактике нарушений психических и физических функций детей в процессе социальной адаптации и интеграции в обществе, оказании помощи в индивидуальной педагогической коррекции [7, с. 221].

Социальный педагог ведет следующую документацию [2]:

– личную карту учащегося, в которой указывает сведения о ребенке (Ф.И.О., дата рождения, домашний адрес), данные о семье и основные психолого-педагогические характеристики (жилищные условия, материальное положение, состав семьи, перенесенные ребенком заболевания, поведенческие характеристики, отношение ребенка к школе, учебе, его интересы, успеваемость и т.д.;

– социальную карту класса, в которой указывается класс, классный руководитель, воспитатель, сведения о детях из неполных, малообеспеченных, многодетных, неблагополучных семей, сведения о родителях, находящихся на инвалидности (причины и группа), об учащихся, находящихся на внутришкольном учете, под опекой, состоящих в «группе риска» и т.д.;

– социальный паспорт класса, в котором указывается класс, воспитатель, количество учащихся, дети-инвалиды, учащиеся с отклонениями в поведении, пропускающие занятия, неуспевающие, употребляющие алкоголь и наркотики, сведения о семьях, находящихся в социально опасном положении (малообеспеченные, многодетные, неблагополучные), сведения о детях, живущих в особых условиях (живущие с бабушкой и дедушкой, опекаемые и приемные, живущие с одним родителем);

– карту социального обследования, в которой указываются сведения о учащемся (Ф.И.О., дата рождения, адрес, инвалидность, диагноз, сведения о родителях, какие виды социальной помощи получают, условия проживания, поведение ребенка, его интересы, проблемы и т.д.);

– социальный паспорт школы-интерната (адрес школы-интерната, количество классов, учащихся, возрастная и социальная характеристика учащихся, количество многодетных, неблагополучных, неполных семей, количество детей, находящихся под опекой, детей-инвалидов, состоящих на внутришкольном учете и в ОППН, обучающихся на дому и т.д.);

– перспективный план работы на год, месяц;

– журнал учета работы [2].

Для ребенка с нарушением зрения в любом возрасте ситуация перехода в новые социальные условия является стрессовой, в это время ребенок очень раним. А это создает дополнительные сложности, в данном случае проблему адаптации к условиям самого образовательного учреждения. Обобщая оыт персонала школы-интерната по адаптации учащихся к условиям школы-интерната, следует отметить их высокий уровень профессионализма и степени ответственности за будущее учащихся, энтузиазм и увлеченность в изучении и применении не только традиционных, но и инновационных форм социальной адаптации школьников. В соответствии с тяжестью нарушения зрения и развития интеллек-

та, способностью или неспособностью учащегося к освоению обычного уровня образования, ребенку с особыми образовательными потребностями планируют индивидуально посильный уровень образования. Таким образом, для учащихся производится разработка учебной программы, обеспечивающей их успешную адаптацию и дальнейшую социализацию.

На базе Уфимской специальной (коррекционной) общеобразовательной школы-интерната № 28 III–IV видов было проведено эмпирическое исследование, целью которого было выявление социально-педагогического микроклимата в учреждении посредствам проведения опроса, а именно узнать, с какими сложностями сталкиваются учащиеся в процессе обучения. Кроме того, мы провели анонимное анкетирование педагогов школы с целью выявления сложностей их работы с данным контингентом учащихся.

Особенности адаптации к жизни в новом коллективе мы представили на рис. 1.

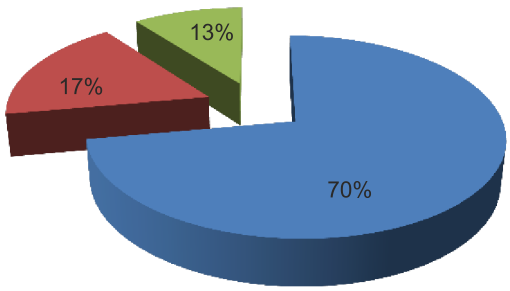



*Рис. 1. Адаптация к жизни в новом коллективе*

В результате исследования было выявлено, что 70% легко влились в коллектив класса, 17% – не совсем, 13% – трудно. Из числа тех, кому было «трудно» и «не совсем легко», основной причиной была проблема в установлении контакта – 62%, боязнь нового коллектива – 38%. Кроме того, трудности с вливанием в коллектив чаще присутствовали у учащихся 18–19 лет, что объясняется несоответствием возраста поступающего с возрастной категорией основного состава.

На вопрос «Насколько комфортно ты чувствуешь себя в своей группе?» учащиеся ответили: комфортно – 72%, не совсем комфортно – 24%, некомфортно – 4%. Из числа чувствующих себя «не совсем» и «некомфортно» большинство ответило – еще не привык к новому коллективу (57%), остальные (43%) – безразличное отношение одноклассников. Анализ показывает, что в основном дети чувствуют себя комфортно и адаптировались к новым условиям.

Дети с нарушением зрения из-за имеющихся комплексов стараются не привлекать внимания к своим проблемам и стесняются попросить помощи у взрослого или у одноклассников, предпочитая в одиночку переживать свои трудности. На вопрос «Обращаешься ли ты за помощью в учебе к одноклассникам?» 21% ответили – «часто», 46% – «иногда» и 33% – «никогда».

Кроме того, в ходе исследования было выяснены трудности, испытываемые учащимися в процессе обучения с точки зрения педагогов и самих учащихся.

Исследование показало, что на первом месте, по мнению педагогов учащихся, стоят трудности в усвоении учебного материала – 52% и вхождения в коллектив – 39% соответственно. На последнем месте трудности, которые испытывают учащиеся в процессе обучения, среди учащихся всего 5% считают – в проведении досуга, среди учителей же – общение со сверстниками, на этот вариант обратили внимание всего 4%.

Таким образом, данные исследования показывают, что со стороны учителей нужно больше обращать внимание на учебный процесс, а именно на усвоение учебного материала детьми с нарушениями зрения. Основные направления повышения качества в этом направлении были указаны самими педагогами: осуществление индивидуального и дифференцированного подходов, повышение профессиональной компетентности педагогов через обучение на курсах повышения квалификации, участие в работе специальных методических семинаров по обучению слабовидящих и слепых детей и др.

Как показали данные нашего опроса, эффективной работе педагогов и воспитателей в области социальной реабилитации слабовидящих детей во многом препятствуют следующие факторы: недостаточное обеспечение учебно-методической литературой и индивидуальными тифлоприборами – 43%, низкий уровень материально-технического обеспечения – 31%, недостаточный уровень совместной деятельности с другими образовательными учреждениями – 26%. Наглядно полученные результаты мы представляем на рис. 2.

Поскольку одной из основных проблем адаптации и социализации слабовидящих и слепых детей является их большая или меньшая изолированность от социума и связанные с этим негативные изменения личности, следует уделять внимание внешкольным возможностям прямого и косвенного общения таких детей и социума. Это может быть достигнуто путем проведения совместных трудовых мероприятий, экскурсий, прогулок, социально-культурных и спортивных мероприятий.

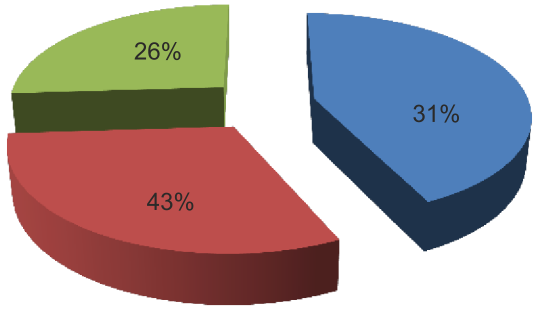



*Рис. 2. Проблемы повышения эффективности социальной реабилитации*

Участие слабовидящих и слепых детей в кружках и секциях доолнительного образования, клубах и т.д. может увеличить их круг общения, расширить горизонты познания. Больше внимания следует уделять внешкольным занятиям детей, выявлять их увлечения и помогать найти способ реализовать себя в них, что, безусловно, скажется и на качестве обучения.

Можно рекомендовать детям с низким уровнем адаптации создать ситуацию успеха, даже незначительные успехи отмечать похвалой, вызывая стремление к положительной активности.

В коллективе проводить больше физкультминуток с гимнастикой для пальчиков, шеи, глаз, что не только позволит снять напряжение мозговой деятельности, но и активизирует ее процессы.

Рекомендуются индивидуальные занятия с детьми с низким уровнем адаптации и школьной мотивации.

Полезна коллективная творческая деятельность, участие в самоуправлении. Нужно использовать приближение детей к педагогу, воспитателю, социальному педагогу, психологу, медику с целью создания обстановки проникновения, доверия, комфорта.

Дети – всего лишь дети, но уже в стенах школы-интерната закладывается высокий уровень самосознания, который непременно будет развиваться дальше, в зависимости от стартовых психофизических способностей и от уровня и качества работы школы-интерната.

**Список литературы**

1. Большакова Н.Л. Воспитательная работа в детских домах и интернатах в Башкирии в годы Великой Отечественной войны / Н.Л. Большакова, Р.Х. Хамадеева // Технологии социальной работы с молодежью: сборник материалов IV межрегиональной научно-практической интернет-конференции с международным участием, посвященной 25-летию основания социальной работы в России. – Кострома, 2016. – С. 361–364.

2. Письмо Минобразования РФ от 4 сентября 1997 г. № 48 «О специфике деятельности специальных (коррекционных) образовательных учреждений I–VIII видов (с изменениями 26 декабря 2000 г.) [Электронный ресурс]. – URL: http://docs.cntd.ru/document/901793889 (дата обращения: 14.05.2018).

3. Испулова С.Н. Инклюзивное образование как механизм реализации права на образование детей с ограниченными возможностями здоровья / С.Н. Испулова, З.Я. Байкина // Формы и методы социальной работы в различных сферах жизнедеятельности: сборник материалов V международной научно-практической конференции, посвященной 25-летию социальной работы в России. – Улан-Удэ, 2016. – С. 43–44.

4. Хомуха К.А. Воспитание и обучение детей с нарушениями зрения / К.А. Хомуха, Н.В. Черепкова // VI Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум». – Ставрополь, 2014. – С. 5.

5. Ращикулина Е.Н. Понятийно-синергетический подход в развитии познавательных способностей детей / Е.Н. Ращикулина // Высшее образование сегодня. – 2013. – №7. – С. 72–77.

6. Андреева Л.В. Образование лиц с ограниченными возможностями в контексте программы ЮНЕСКО «Образование для всех»: опыт России: Аналитический обзор / Л.В. Андреева, Д.И. Бойков, В.З. Кантор. – СПб.: Изд-во РГПУ им. А.И. Герцена, 2017. – 78 с.

7. Маметьева О.С. Технология социального сопровождения семьи с ребенком-инвалидом в системе образования / О.С. Маметьева // Инклюзивное образование: теория и практика: сборник материалов международной научно-практической конференции. – Орехово-Зуево, 2016. – С. 221–227.

УДК 378.4

# ФОРМИРОВАНИЕ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ БУДУЩИХ ИНЖЕНЕРОВ НА ОСНОВЕ ТЕОРИИ ПОЭТАПНОГО ФОРМИРОВАНИЯ УМСТВЕННЫХ ДЕЙСТВИЙ

**Хохлова М.В., Соболева Г.Н.**

*ФГБОУ ВО «Брянский государственный инженерно-технологический университет», Брянск, e-mail: marvit13@yandex.ru, soboleva.g.n@mail.ru*

В работе рассмотрены психолого-педагогические аспекты решения проблемы повышения качества профессиональной подготовки инженерных кадров на основе внедрения современных образовательных технологий. Предложены методические приемы и средства формирования профессиональных компетенций будущих инженеров на основе теории поэтапного (планомерного) формирования умственных действий П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной. Экспериментальная деятельность описана на примере обучения студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» инженерного вуза по дисциплине «Геодезия». Выделены типовые профессиональные действия, являющиеся основой деятельности современного инженера при геодезических изысканиях, строительстве, эксплуатации зданий и сооружений, измерениях и их обработке, построении геодезических сетей и производстве съемок. Описаны учебные средства, основанные на третьем типе ориентировочной основы деятельности, способствующие формированию обобщенных профессиональных действий с заданными качествами и методика их реализации в учебном процессе высшей школы. Результаты опытно-экспериментальной работы подтверждены методом моделирования технологий обучения по критерию наименьших дидактических потерь. Предлагаемые материалы могут быть использованы в процессе профессиональной подготовки будущих бакалавров различных направлений инженерной деятельности по формированию компетенции: способность участвовать в проектировании и изыскании объектов профессиональной деятельности.

**Ключевые слова: профессиональная подготовка будущих инженеров, теория поэтапного формирования умственных действий, моделирование, дидактические потери**

# FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCES OF FUTURE ENGINEERS BASED ON THE THEORY OF GRADUAL FORMATION OF MENTAL ACTIONS

**Khokhlova M.V., Soboleva G.N.**

*Bryansk State Engineering-Technological University, Bryansk, e-mail: marvit13@yandex.ru, soboleva.g.n@mail.ru*

The paper deals with psychological and pedagogical aspects of solving the problem of improving the quality of professional training of engineers based on the introduction of modern educational technologies. Suggested teaching methods and means of formation of professional competences of future engineers on the basis of the theory of the gradual (systematic) formation of mental actions of P.I Halperin, N.F. Talyzina. The experimental activity is described by the example of teaching students the direction of preparation 08.03.01 «Construction» engineering University on the subject of «Geodesy». Typical professional actions are allocated, which are the basis of activity of the modern engineer at geodetic researches, construction, operation of buildings and constructions, measurements and their processing, construction of geodetic networks and production of shootings. There are described the educational means based on the third type of the indicative basis of activity promoting formation of the generalized professional actions with the set qualities and a technique of their realization in educational process of the higher school. Results of experimental work are confirmed by a method of modeling of technologies of training on criterion of the smallest didactic losses. The proposed materials can be used in the process of training future bachelors in various areas of engineering competence: the ability to participate in the design and survey of objects of professional activity.

**Keywords: professional training of future engineers, theory of gradual formation of mental actions, modeling, didactic losses**

Современные задачи общественного развития акцентируют внимание на качестве профессиональной подготовки будущих инженеров. Создание и эксплуатация объектов инженерной деятельности, должны соответствовать требованиям и уровню не только научно-технического прогресса, но и потребностям каждого человека, делая среду его жизнедеятельности комфортной и безопасной. Подготовка конкурентно способного инженера требует от педагогов высшей школы внедрения в образовательный процесс новых технологий, методических систем и приемов, проектируемых на основе психолого-педагогических теорий и способствующих эффективному формированию у обучаемых профессиональных компетенций [1–3]. Однако в центре образовательного процесса в инженерном вузе должен быть поставлен не просто будущий субъект инженерной деятельности, владеющий высоким уровнем профессиональных знаний и умения, а личность, обладающая опытом, способностями, индивидуальными

качествами, готовностью к преобразовательной деятельности.

Цель исследования: разработать технологические приемы и средства формирования профессиональных компетенций будущих инженеров на основе теории поэтапного формирования умственных действий на примере дисциплины «Геодезия».

Задачи исследования:

1. Исследовать методические аспекты реализации теории поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина. Н.Ф. Талызиной в контексте формирования профессиональных компетенций будущих инженеров-строителей.

2. Разработать и апробировать учебные средства и технологические приемы их реализации (на примере дисциплины «Геодезия»), позволяющие сформировать обобщенные понятия и действия, необходимые не только в курсе «Геодезия», но для изучения других дисциплин профессиональной направленности инженера-строителя.

3. Произвести оценку эффективности учебных средств и технологических приемов их реализации по формированию профессиональных компетенций будущих инженеров на основе теории поэтапного формирования умственных действий на примере дисциплины «Геодезия».

## Материалы и методы исследования

В ходе исследования применялись следующие методы: анализ психолого-педагогической литературы по проблеме исследования, наблюдение, моделирование, анализ продуктов деятельности.

П.Я. Гальпериным выявлена система психологических условий формирования, обеспечивающих приобретение обучаемыми опыта действий с заданными качествами:

1. Обеспечение полноценной ориентировки и использования осваиваемого действия;

2. Формирование адекватной мотивации освоения действия и его осуществления;

3. Воспитание желаемых свойств действия;

4. Перенос действия в идеальный (умственный) план [4, с.18].

Рассмотрим приемы формирования профессиональных компетенций будущих бакалавров, основанные на теории поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной на примере дисциплины «Геодезия», реализуемые нами в процессе обучения будущих бакалавров направления подготовки 08.03.01 «Строительство». Следует отметить, что дисциплина «Геодезия» имеет важное значение для подготовки бакалавров различных направлений инженерной деятельности, которые в будущем должны самостоятельно составлять и работать с топографическими планами и картами, решать задачи по выносу проекта на местность и разбивке осей сооружений с использованием современных геодезических приборов, использовать методы геодезических измерений для решения различных инженерных задач. Задачами дисциплины «Геодезия» в профессиональной подготовке будущих инженеров-строителей являются: приобретение теоретических и практических знаний, необходимых при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации зданий и сооружений; ознакомление и работа с современными геодезическими приборами и технологиями, которые используются при производстве измерений и их обработке, построении геодезических сетей и производстве съемок; изучение состава и организации геодезических работ при изысканиях на этапах проектирования. Результаты обучения бакалавров по направлению «Строительство» являются основой для формирования следующей компетенции: способность участвовать в проектировании и изыскании объектов профессиональной деятельности [5].

В зависимости от степени сложности и объема геодезических работ на специалиста-строителя возлагается: общее руководство и контроль за организацией и ходом выполнения геодезических работ в случаях, когда непосредственное выполнение работ и руководство ими осуществляются геодезистами; непосредственная проверка качества геодезических работ; непосредственное выполнение геодезических работ.

Процесс формирования профессиональных компетенций будущих бакалавров основывался на учебных картах, позволяющих сформировать обобщенные понятия и действия, необходимые не только в курсе «Геодезия», но и необходимые для изучения других дисциплин профессиональной направленности инженера-строителя: «Технология и организация строительного производства», «Инженерно-геодезическое обеспечение строительно-монтажных работ», «Реконструкция зданий и сооружений» и др. Содержание ориентировочной основы действий в таких картах задается последовательностью необходимых и достаточных признаков изучаемого понятия. Например, учебная карта по формированию понятия «чертеж земной поверхности», основанная на приеме «подведение под понятие», имела следующий вид:

*Признаки понятия «топографический план»:* чертеж земной поверхности; уменьшенное и подобное изображение земной поверхности; изображение горизонтальной проекции небольшого участка местности; нанесена координатная сетка; чертеж с изображением контуров и рельефа.

*Признаки понятия «топографическая карта»:* чертеж земной поверхности; уменьшенное и искаженное из-за кривизны Земли изображение земной поверхности; изображение значительной территории земной поверхности; нанесены минутная рамка и картографическая сетка (сеть меридианов и параллелей); чертеж с изображением контуров и рельефа.

Применяя «правило распознавания понятий» студенты называли и определяли признаки предложенных им графических объектов и записывали результаты наличия каждого признака с помощью знаков «+» – есть, «–» – нет, «?». Полученные результаты оценивали по логическому правилу [6]. Используя учебные карты на формирование понятий, обучаемые осознанно усваивали их существенные признаки и переставали обращаться к ним.

В содержании задач геодезической деятельности инженера-строителя нами были выделены обобщенные действия и приемы, усвоение которых с заданными качествами позволило бы будущему строителю эффективно выполнять свои профессиональные функции. В соответствии с системой данных дей-

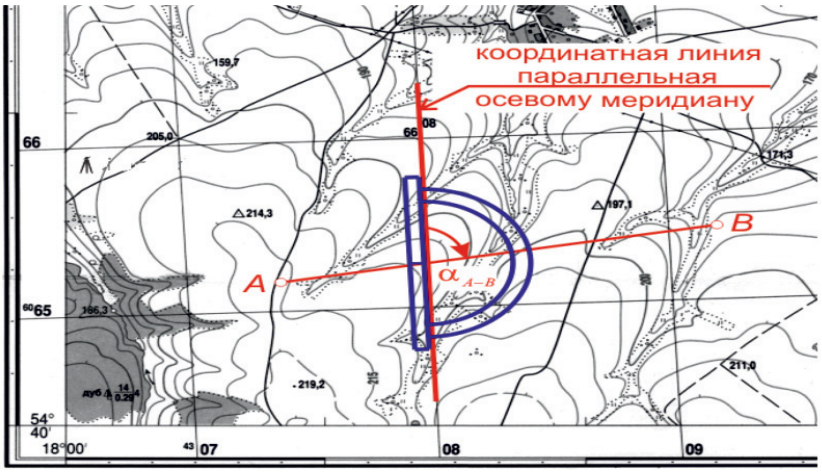
ствий были разработаны и внедрены в учебный процесс по курсу «Геодезия» учебные карты, например, для раздела «Работа с топографической картой» это карты: «Определение горизонтальных расстояний с помощью масштабов»; «Определение координат точек на карте»; «Определение ориентирных углов направлений на карте»; «Решение прямой и обратной геодезических задач»; «Решение задач по карте с горизонталями» и др.

В условиях группового обучения карты по формированию понятий необходимо заполнять совместно с преподавателем одним из студентов на доске, а остальными – в тетрадях или использовать деятельность обучающихся в диадах и только затем переходить к индивидуальной работе.

– Мотивационный этап предполагал формирование преподавателем мотивов решения учебной задачи, актуализацию профессиональных интересов обучаемых, например, на основе проблемной ситуации.

– На материализованном этапе обучаемые для усвоения пооперационного состава процесса решения поставленной предметной задачи выполняли действие с учетом всех входящих в него операций. При этом студенты проговаривали вслух каждый пункт указания карты и затем его выполняли.

– На этапе «внешней речи» деятельность студентов по выполнению заданий носила пооперационный состав: так, обучаемые должны были не прочитать признак (необходимое действие), а назвать его вслух по памяти и записать. При этом очень важным являл-




*Действие «Измерить геодезическим транспортиром дирекционный угол ($\alpha_{AB}$)»*

В соответствии с теорией поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной обучающие карты должны быть построены на третьем типе ориентировочной основы действия, то есть содержать необходимую и достаточную информацию для их безошибочного выполнения обучаемыми [7]. Например, в учебной карте на формирование действия «Решение задач на тему: “Определение ориентирных углов направлений на карте”» были приведены не только ориентировочные знания, порядок действий при решении задач, но и рисунки к каждому действию. Так в пункте 9 представлен рисунок поясняющий прием измерения геодезическим транспортиром дирекционного угла ($\alpha_{изм}$) (рисунок).

Учебные карты ориентировочных основ действий могут иметь различные уровни обобщения. Так, на начальном этапе обучения нами использовались карты, имеющие более подробное и развернутое содержание описания действия и необходимые для его успешного совершения ориентировочные знания. Постепенно студенты переходили к картам, содержащим более обобщенный план действий, а затем обучающиеся самостоятельно осуществляли перенос приобретенных знаний и умений для решения поставленной преподавателем учебной задачи.

Процесс интериоризации усваиваемых действий осуществлялся на основе выделенных в теории умственных действий П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной этапов:

ся процесс рефлексивного анализа студентом своих действий. Учебными картами на данном этапе студенты пользовались только в случае, если забывали какой-то из пунктов предписания.

– Этап внутриречевого действия осуществлялся при чтении студентами задания и сразу безошибочном ответе или выполнении операции. Об успешности усвоения обучаемыми действия можно судить по их безошибочности при выполнении практических задач, в которых требовалось использование сформированных понятий или действий.

## Результаты исследования и их обсуждение

Оценка эффективности обучения студентов геодезии на основе теории поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной осуществлялась нами на основе метода моделирования [8, с. 87; 9], по следующему алгоритму:

*1. Сбор информации о доучебном состоянии.* Базовыми являлись данные о доучебном состоянии, обозначенные через $S_1$, $S_2$, $S_3$,…$S_m$. Это: уметь мыслить и излагать свою речь логически; умение проводить сбор, знать основные понятия, связанные

с измерениями на поверхности Земли и др. Для выявления данных о доучебном состоянии предметных знаний и умений студентов необходимо провести нулевую контрольную работу (состоящую из теоретической и практической частей), задания в которой должны быть составлены таким образом, чтобы позволили количественно и качественно определить выбранные показатели $R_1$, $R_2$, $R_3$, $R_4$, $R_5$.

Учебная карта «Определение ориентирных углов направлений на карте»

| Действия | Ориентировочные знания |
|---|---|
| 1. Проанализировать условие задачи, выявить исходные данные и то, что необходимо найти | Понятия: «ориентировать линию» – найти её направление относительно другого направления, принимаемого за исходное; «ориентирный угол» – горизонтальный угол между исходным направлением и ориентируемой линией |
| 2. Определить исходные направления на карте для определения ориентирных углов: истинный меридиан, осевой меридиан | Понятия: «градусная рамка карты», «ось абсцисс», «вертикальная линия километровой сетки карты» |
| 3. Снять значения углов сближения γ и склонения δ меридианов (для изображенного участка местности на карте, значения этих углов приведены в юго-западном углу листа карты) | Понятия: «угол сближения γ» – угол между направлением истинного меридиана (С) и осевого (х) меридианов зоны; «угол склонения δ» – угол между направлениями истинного (С) и магнитного ($С_м$) меридианов |
| 4. Изобразить ориентируемую линию | Понятия: «точка», «линия» |
| 5. Провести через начальную точку ориентируемой линии истинный меридиан | Линия, соединяющая одноименные значения на северной и южной кромках минутной рамки карты |
| 6. Измерить геодезическим транспортиром истинный азимут ($А_{изм}$) | Понятия: «геодезический транспортир», «истинный азимут»-горизонтальный угол, отчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления истинного меридиана до ориентируемой линии |
| 7. Вычислить по значениям γ и δ дирекционный угол и магнитный азимут. Записать зависимости углов ориентирования | Понятия: «магнитный азимут» – горизонтальный угол, отчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления магнитного меридиана до ориентируемой линии; «дирекционный угол» – горизонтальный угол, отчитываемый по ходу часовой стрелки от северного направления линии, параллельной осевому меридиану, (то есть оси Ох), до ориентируемой линии. Азимут магнитный $А_{м\ расч} = А_{изм} - \delta$; Дирекционный угол $\alpha_{расч} = А_{изм} - \gamma$ |
| 8. Провести через начальную точку ориентируемой линии линию параллельную оси абсцисс, то есть вертикальной линии километровой сетки | Понятия: «километровая сетка» – сеть линий на карте, параллельных осевому меридиану зоны (оси Ох), и изображению экватора на плоскости проекции (оси Оу); «зона», «экватор» |
| 9. Измерить геодезическим транспортиром дирекцион-ный угол ($\alpha_{изм}$) и вычислить значения истинного(А) и магнитного азимутов ($А_м$) | Формулы: Азимут истинный $А_{расч} = \alpha_{изм} + \gamma$; Азимут магнитный $А_{м\ расч} = \alpha_{изм} - \delta + \gamma = \alpha_{изм - П}$ |
| 10. Сравнить значения измеренных и расчетных ориентирных углов | Арифметические действия, требования по точности вычислений и измерений |
| 11. Вычислить по измеренному дирекционному углу значение румба | Понятие: «румб r», – острый угол, отсчитываемый от ближайшего (северного или южного)направления меридиана, исходящего из заданной дочки до ориентируемой линии. Соотношения румбов и дирекционных углов |
| 12. Записать углы ориентирования вычисленные и измеренные | Требования к записи угловых величин |

| Четверти и их наименования | Значения дирекционных углов | Связь румбов (табличных углов) с дирекционными углами |
|---|---|---|
| I – св | 0°–90° | $r_1 = a_1$ |
| II – ювв | 90°–180° | $r_2 = 180° - a_2$ |
| III – юз | 180°–270° | $r_3 = a_3 - 180°$ |
| IV – сз | 270°–360° | $r = 360° - a_4$ |

*2. Процесс обучения по экспериментальной методике $F_r(r = 1, 2,...n)$.* В соответствии с данным алгоритмом возможные методики обучения студентов геодезии обозначены через $F_1$, $F_2$, … $F_r$, а соответствующие им результаты – через $R_1$, $R_1$, …$R_k$. В соответствии с целями нашего исследования моделирование осуществлялось на основе выбора традиционной методики и методики обучения геодезии студентов, основанной на теории поэтапного формирования умственных действий. Для характеристики результатов обучения нами использовались следующие показатели: формирование у студентов научных представлений о фигуре Земли, методах создания и использования опорных геодезических сетей, методах использования топографо-картографических материалов и измерений на поверхности Земли; умения выполнять различные виды съемок (теодолитную, тахеометрическую, нивелирование), осуществлять камеральные и графические работы по результатам полевых измерений, квалифицированно ставить перед соответствующими службами конкретные задачи геодезического обеспечения изысканий, проектирования, строительства и эксплуатации зданий и сооружений.

*3. Обработка информации о результатах обучения $F_r$.*

*4. Вычисление средних дидактических потерь $\alpha_{\varphi F_r}$.*

*5. Выбор оптимальной технологии в соответствии с критериями модели.*

Алгоритм выбора оптимальной технологии обучения требует введения следующих характеристик: вероятность доучебного состояния – $P(S_i)$; вероятность результата $R_r$ при применении методики обучения студентов геодезии $F_r$ к доучебному состоянию – $S_i P_{S_i F_r}(R_k)$.

Эти вероятности определяются как отношение числа ответов, соответствующих выбранным показателям, к общему числу возможных ответов.

В соответствии с данным алгоритмом, если обучаемый находится, например, в доучебном состоянии $S_i$, то, применив технологию обучения $F_r$, возможно получить некоторый результат $R_k$ с вероятностью $P_{S_i F_r}(R_k)$. С этим результатом обучения можно связать некоторое число $\varphi(R_k)$, характеризующее потери, соответствующие данной технологии обучения. Функцию потерь можно определить как разность между единицей – максимальной вероятностью и фактически достигнутым результатом $P_{S_i F_r}(R_k)$, то есть [8]:

$$\varphi(R_k) = 1 - P_{S_i F_r}(R_k). \qquad (1)$$

Оптимальной считается та из них, которой соответствует минимальное значение дидактических потерь, то есть число, стремящееся к единице. В нашей экспериментальной деятельности число дидактических потерь $\alpha_{\varphi F_r}$ составило 0,987, (для традиционной репродуктивной технологии обучения – $\alpha_{\varphi F_r} = 0{,}789$).

## Выводы

Исследование методических аспектов теории поэтапного формирования умственных действий П.Я. Гальперина, Н.Ф. Талызиной в контексте формирования профессиональных компетенций обучаемых, позволило разработать и апробировать учебные средства и технологические приемы их реализации по формированию обобщенный понятий и действий, необходимых студентам не только в курсе «Геодезия», но для изучения других дисциплин профессиональной направленности будущего инженера-строителя. Результаты эффективности опытно-экспериментальной работы подтверждены методом моделирования по критерию наименьших дидактических потерь.

## Список литературы

1. Андронова Т.Д. Проблема формирования ориентировочной основы профессиональной деятельности студентов // Деятельностная теория учения: современное состояние и перспективы: материалы международной научной конференции (Москва, 06–08 февраля 2014 г.). – Москва, 2014. – С. 24–26.

2. Ждан А.Н. Теория и практика в психологическом наследии П.Я. Гальперина // Национальный психологический журнал. – 2017. – С. 33–39.

3. Хохлова М.В., Плескачева О.Ю. Теория поэтапного формирования предметных понятий и действий как методическая основа формирования технологической компетентности будущих инженеров // Психология образования в поликультурном пространстве. – 2014. – № 26 (2). – С. 110–117.

4. Гальперин П.Я. Введение в психологию. Учебное пособие для вузов. – М.: «Книжный дом «Университет», 2000. – 336 с.

5. Приказ Министерства образования и науки РФ от 31 мая 2017 г. № 481 «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования – бакалавриат по направлению подготовки 08.03.01 Строительство» [Электронный ресурс]. – URL: http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/71605256/#ixzz58cBKT4z03 (дата обращения: 03.06.2018).

6. Талызина Н.Ф. Деятельностная теория обучения как основа подготовки специалистов // Вестник Московского университета. Серия 20: педагогическое образование. – 2009. – № 3. – С. 17–30.

7. Педагогическая психология: учеб. для студ. сред. учеб. заведений / Н.Ф. Талызина. – 8-е изд., стер. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 288 с.

8. Мархель И.И. Овакимян Ю.О. Комплексный подход к использованию технических средств обучения. – М.: Высшая школа, 1987. – 175 с.

9. Русова Н.Ю. Категории модели и моделирования в педагогике // Нижегородское образование. – 2013. – № 2. – С. 19–24.

УДК 371:373

# ФОРМИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ КОМПЕТЕНТНОСТИ ПОДРОСТКОВ КАК АКТУАЛЬНАЯ ПРОБЛЕМА СОВРЕМЕННОСТИ

**[1,2]Цаплин А.О.**

*[1]ФГБОУ ВО «Оренбургский государственный педагогический университет», Оренбург;*
*[2]МОАУ «Лицей № 1», Оренбург, e-mail: tsaplinandr@mail.ru*

В статье проведен анализ причин модернизации предметной области «Технология» в системе основного общего образования и выявлен потенциал основных общеобразовательных организаций в формировании технологической компетентности подростков. Обозначена философская проблема технологического подхода в образовании через рассмотрение противоречий между механицизмом и осмыслением деятельности. Раскрываются идеи компетентностного подхода в образовании. Рассмотрены основные подходы современных исследователей к определению сути понятия «технологическая компетентность» как «интегративное качество личности», связанное с деятельностью и ее мотивами, и как «способность (готовность) субъекта» алгоритмизировать свою деятельность, его ценностно-смысловые установки и ответственность за нарушение технологического процесса, выражающиеся в единстве теоретической и практической готовности, и проявляющиеся в умении технологически мыслить, анализировать, прогнозировать, проектировать и рефлексировать свою деятельность, вычленять основную задачу (проблему) и находить способы ее оптимального решения, конструировать собственную технологию и реализовывать ее в жизни. Аргументируется сензитивность подросткового возраста для формирования технологической компетентности через ряд характерных психолого-возрастных новообразований и изменений поведенческого характера. Проанализированы общие нормативно-правовые требования, запросы государства и общества, предъявляемые к школьному технологическому образованию. Доказывается актуальность формирования технологической компетентности подростков в образовательном процессе современной школы.

**Ключевые слова: технологическая компетентность, предметная область «Технология», общеобразовательная школа, подростковый возраст, технологический подход, компетентностный подход, механицизм**

# FORMING THE TECHNOLOGICAL COMPETENCE OF ADOLESCENTS AS THE ACTUAL PROBLEM OF MODERNITY

**[1,2]Tsaplin A.O.**

*[1]Orenburg State Pedagogical University, Orenburg;*
*[2]Liceum № 1, Orenburg, e-mail: tsaplinandr@mail.ru*

The article analyzes the reasons for the modernization of the subject area «Technology» in the basic general education system and identifies the potential of the main general educational organizations in the formation of technological competence of adolescents. The philosophical problem of the technological approach in education is identified through consideration of the contradictions between mechanistic and understanding of activity. The ideas of the competence approach in education are revealed. The main approaches of modern researchers to the definition of the essence of the term «technological competence» as the «integrative quality of the individual» associated with the activity and its motives and as «the subject's ability (readiness)» to algorithmify his activity, his values and meanings and responsibility for the violation of the technological process, expressed in the unity of theoretical and practical readiness, and manifested in the ability to think technologically, analyze, predict, design and refl eksirot its activities, isolate the main problem (problem) and find ways to solve it optimally, design its own technology and implement it in life. The sensitivity of adolescence is argued for the formation of technological competence through a number of characteristic psychological and age-related neoplasms and behavioral changes. The general regulatory and legal requirements, the state and society's requests for school technological education are analyzed. The urgency of formation of technological competence of teenagers in educational process of modern school is proved.

**Keywords: technological competence, subject area «Technology», general education school, adolescence, technological approach, competence approach, mechanicism**

В двадцать первом веке человечество вступило в новый рубеж своего развития – постиндустриальный. Эра информатизации и модернизации диктует свои требования к обществу, экономике и образованию, связанные с резким ускорением всех процессов жизнедеятельности человека. Высокий уровень развития технологий, быстрый темп усвоения знаний и практического овладения профессиональными компетенциями, создание инновационной продукции становятся важнейшими факторами, определяющими конкурентоспособность и национальную безопасность государств. Важными качествами становятся готовность человека к профессиональному самоопределению, его способность алгоритмизировать свою деятельность, применять известные технологии в измененных условиях, создавать новые технологии. Здесь встает вопрос о необходимости формирования технологической компетентности уже на уровне основного общего образования.

Целью данного исследования является обоснование актуальности формирования технологической компетентности подростков в общеобразовательных организациях в рамках образовательной области «Технология». Для определения значимости исследуемого явления для общества, государства и педагогического сообщества были использованы следующие *методы:* теоретический и сравнительно-сопоставительный анализ нормативно-правовых документов, философской и методической литературы, социологических и статистических данных; корреляция понятий; контент анализ научных статей по проблеме исследования; выдвижение гипотез и прогнозирование.

В *результате* проведенного анализа были выявлены причины модернизации профессионального и школьного технологического образования в нашей стране:

– заявление президента В.В. Путина в ежегодном обращении к Федеральному собранию в марте 2018 г. о готовности России к технологическому прорыву и необходимости эффективного использования новых технологий, для эффективности которых необходимо обратить внимание на образование [1];

– внедрение в образовательную практику Примерной основной образовательной программы основного общего образования по технологии (протокол федерального учебно-методического объединения по общему образованию от 8 апреля 2015 г. № 1/15), концептуально изменившее подход к технологическому образованию и расширившее рамки предметной области включив весь спектр существующих технологий, включая современные информационные, социальные, медицинские, нанотехнологии и робототехнику, менеджмент и сферу услуг [2];

– разработка Концепции развития предметной области «Технология» (2-я версия проекта обсуждалась в открытом доступе краудсорсинговой платформы «ПреОбразование» с 17 января по 1 февраля 2018 г.) в основных общеобразовательных организациях, основной целью которой «является создание условий для формирования технологической грамотности и компетенций обучающихся, необходимых для перехода к новым приоритетам научно-технологического развития Российской Федерации» [3];

– успешный опыт включения в образовательную практику нашей страны международных стандартов, связанных с формированием профессиональных компетенций, популяризацией рабочих специальностей и конкурсным движением «WorldSkills International» (результативным показателем данного направления является проведение в 2019 г. 45-го мирового чемпионата по стандартам WorldSkills в Казани) [4];

– проведение ежегодных международных конференций и семинаров по вопросам технологического образования в Российской академии образования.

Обеспечить новые требования возможно не только за счет изменений в содержании и улучшений материально-технического оснащения школ, но, прежде всего, за счет изменений в теоретико-методологическом подходе к преподаванию предмета технология, например через формирование технологической компетентности подростков.

К понятию «технологическая компетентность» в последнее время обращались многие исследователи (В.Н. Горбунов, Н.Г. Гордеева, Ю.С. Дорохин, Н.Ю. Каракозова, М.П. Макарова, Е.И. Никифорова, Н.В. Чичерина). Но все они рассматривали данное понятие сквозь призму среднеспециального и высшего образования. Теперь же (как говорится в Концепции развития технологического образования и в Стратегии научно-технологического развития Российской Федерации) общество и государство осознало необходимость формирования определенных моделей технологического мышления и поведения личности в школьном возрасте, о чем свидетельствует положительный опыт других стран [3].

Теперь обратимся к статистике и социологическим опросам и проанализируем их данные. В 2015 г. школьники из России, участвовавшие в тестировании PISA, заняли 26-е место в мировом рейтинге. Главной целью тестирования PISA (Programme for International Student Assessment), проводимого во всем мире с 2000 г. среди 15-летних подростков, является выявление способности применения школьных знаний на практике. Данные результаты подтверждают точку зрения руководителя Центра оценки качества образования Института содержания и методов обучения Российской академии образования Галины Ковалёвой: «Самое трудное для наших школьников – нестандартные, нетипичные задачи» [5]. То есть обучающиеся осваивают определенные типологизированные способы решения и испытывают трудности в переносе знаний и изменении алгоритмов.

Согласно Всемирному докладу по мониторингу образования ЮНЕСКО, в 2014 г. около 62 миллионов всех учеников средней школы или 11 % приняли участие в программе получения формального технического и профессионально-технического образования. Вместе с тем быстрое развитие инновационных технологий в современном мире требует существенного увеличения количе-

ства подростков и совершеннолетних, обладающих соответствующими знаниями, включая технические и профессиональные навыки, необходимыми для трудоустройства, достойной работы и предпринимательства. [6].

И наконец, Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ) в феврале 2017 г. проводил телефонный опрос, согласно которому 69% респондентов согласились с утверждением «молодежи сейчас непонятно, как добиться успеха, для чего получать образование, если по профессии невозможно устроиться» [7]. Что довольно объективно говорит о необходимости изменений в области образования и направленности на освоение профессиональных компетентностей.

Компетентностный подход впервые появился и разрабатывался в Англии, затем в 1970-х гг. в США и был связан с профессиональной сферой и сферой бизнеса, определяя качества успешного профессионала. Сегодня это понятие значительно расширилось и подразумевает уже общую способность делать что-либо хорошо и эффективно, включая в себя не только определенные знания, умения, навыки и действия, но и ценностно-смысловые установки, мотивы деятельности, самоуправление, саморазвитие и проектирование действий исходя из рефлексии окружающей действительности.

Понятие «технологическая компетентность», несмотря на существующий интерес со стороны исследователей, еще не имеет четко сформулированной дефиниции в педагогической науке и потому требует уточнения. Р.Д. Гаджиев, Ю.С. Дорохин, Н.Ю. Каракозова, Н.А. Маринкина, О.Ю. Плескачева, М.В. Хохлова, Э.Ф. Шарипова в своих исследованиях под технологической компетентностью понимают «интегративное качество (характеристику) личности» связанное с деятельностью и ее мотивами. В.Н. Горбунов, М.П. Крюков рассматривают технологическую компетентность как «способность (готовность) субъекта» успешно выполнять технологическую деятельность. М.В. Хохлова, О.Ю. Плескачева в своей монографии рассматривают технологическую компетентность по ее преобразовательной позиции как составную часть понятия «технологическая культура» [8]. Этой же точки зрения придерживается и Г.А. Хаматгалеева, выделяя в качестве уровней развития технологической культуры учащихся колледжа технологическую грамотность, техническую образованность и технологическую компетентность [9].

Мы придерживаемся точки зрения В.Н. Горбунова, М.П. Крюкова, Р.Д. Гаджиева и будем понимать под технологической компетентностью – способность субъекта алгоритмизировать свою деятельность (понять, присвоить и реализовать описание технологии или инструкцию), его ценностно-смысловые установки и ответственность за нарушение технологического процесса, выражающиеся в единстве теоретической и практической готовности и проявляющиеся в умении технологически мыслить, анализировать, прогнозировать, проектировать и рефлексировать свою деятельность, вычленять основную задачу (проблему) и находить способы ее оптимального решения, конструировать собственную технологию и реализовывать ее в жизнь.

Подростковый возраст является сензитивным для формирования технологической компетенции в силу ряда психолого-возрастных и социокультурных особенностей:

– вхождение ребенка в мир взрослых, яркое проявление его «Я-концепции», стремление противопоставить себя, доказать свою значимость, «взрослость», состоятельность в различных сферах деятельности и, как следствие, появление чувства ответственности, самостоятельности;

– примерение различных социальных ролей через игровую и учебную деятельность, это период проб и ошибок, стремления к самостоятельности и в то же время отказ принятия ответственности за последствия в случае неудачи;

– стремление к общению со сверстниками и совместной деятельности, расширение опыта коммуникативного и конструктивного взаимодействия, как проявление основной ведущей деятельности подросткового возраста;

– поиск внутренних ресурсов и профессиональное самоопределение через активное формирование самосознания, системы самооценивания и самоотношения;

– активное развитие творческих способностей;

– рост социальной активности, в отдельных случаях появление филантропических мотивов деятельности и направленности на помощь окружающим, волонтерство [10].

Анализ новых концепций, программ и нормативно-правовых документов позволил выявить общие требования, предъявляемые к школьному технологическому образованию:

– освоение сущностных компонентов технологической культуры (культуры труда, графической, дизайна, информационной, предпринимательской, человеческих отношений, экологической, культуры дома, потребительской, проектной);

– развитие инновационной и творческой деятельности;

– овладение методами, средствами и формами поиска, освоения, преобразования, хранения и передачи информации и технологий, исходя из анализа выявленных потребностей индивида и социума;

– установление межпредметных связей и интеграция полученных знаний в практической деятельности;

– формирование осознанного профессионального самоопределения ориентированного на профессии будущего, международные стандарты WorldSkills и опыт получения профессиональных проб [2, 3].

Многие из перечисленных требований призвана обеспечить технологическая компетентность, формируемая в общеобразовательном процессе школы на уроках технологии и во внеурочной деятельности. Компетентностный подход ориентируется на органическое единство с ценностями человека и пытается внести личностный смысл в образовательный процесс. То есть технологическая компетентность в отличие от технологической грамотности подразумевает не просто технологические ЗУНы (когнитивную составляющую), но и мотивацию, эмоционально-нравственное отношение (аффективную составляющую) и ответственность за свои действия (конативную составляющую) и практическое владение технологией.

Немаловажным вопросом в формировании технологической компетенции является *философская проблема* технологического подхода к образованию. Противоречия между механицизмом и осмыслением деятельности рассматривали многие философы и ученые: Т. Гоббс, Р. Декарт, Е. Дюринг, И. Ньютон, Ж.О. де Ламетри, Я. Молешотт, М. Фридман и др. Первые попытки перенести принципы механики во все сферы человеческой жизни связаны с развитием физики как науки в XVII в. Технологический переворот в конце XVIII века также способствовал восприятию «техники» и «машины» как способа отношения к миру. Некоторые современные исследователи (М.Е. Бершадский, Н.И. Лобанова и др.) довольно критически относятся к успевшему себя зарекомендовать технологическому подходу. Смысл вызванных противоречий заключается в том, что сущностное определение технологического подхода не подразумевает диалогическое (или субъект-субъектное) взаимодействие и основывается на идее эффективного управления, контроля, прогнозирования и манипулирования (то есть субъект-объектное взаимодействие) в сравнении с технологическим процессом и конвейерным производством, обеспечивающим конкретный качественный результат. Педагогический процесс же имеет дело с «живым ребенком», который обладает собственным мнением, свободой выбора и явно не может выступать только в качестве объекта воздействия [11].

Технологическая компетентность же подразумевает освоение общих принципов и механизмов алгоритмизации действий, предоставляя ребенку полную свободу в выборе средств, форм, методов, условий и самих технологий. Сама суть компетентностного подхода заключается в осознанном управлении деятельностью и осознанием себя в этой деятельности – самоуправление, самоменеджмент, то есть проявление субъективности.

Формирование технологической компетентности подростков в общеобразовательной организации планируется через разработку и апробацию образовательной модели и создание определенных условий на уроках технологии и во внеурочной деятельности. На первом этапе реализации образовательной модели (репродуктивном) обучающиеся развивают способности представлять свою деятельность в виде алгоритма на примере известных и привычных им процессов; учатся читать, преобразовывать и представлять информацию в различных видах и формах (графики, таблицы, кластеры, схемы, графические символы и др.). На втором (частично-поисковом) этапе формируются способности изменять, трансформировать, совершенствовать технологию в новых или заданных условиях через практическое овладение методами креативного поиска решений (метод фокальных объектов, синектика, инверсия, мозговой штурм, морфологический анализ и др.), имитационную игру, методы моделирования. На заключительном (исследовательском) этапе планируется выход обучающихся на субъективный уровень деятельности, то есть самостоятельное выявление актуальности, необходимости, потребности в новой технологии, владение основами инженерии (конструирование новых технологий, осуществление комплексного подхода в решении поставленных задач, рефлексия деятельности) проявление активности, самостоятельности и готовности к профессиональному самоопределению. Реализация данного этапа осуществляется через адаптацию элементов стратегии обучения планированию карьеры.

**Выводы**

Таким образом, в результате проведенного анализа нормативно-правовых доку-

ментов, философской и методической литературы, научных статей, социологических и статистических данных можно сделать следующие *выводы:*

1) понятие «технологическая компетентность» в отечественной педагогической науке не имеет однозначно сформулированного определения и требует уточнения, а «технологическая компетентность подростка» вообще не рассматривалась исследователями и является интересным направлением для проведения педагогического эксперимента;

2) формирование технологической компетентности школьников является актуальным направлением образовательной политики нашей страны и обусловлено рядом преобразований в области модернизации технологического образования, так как базируется на основных положениях концепции модернизации технологического образования;

3) технологическая компетентность, несмотря на природу своего происхождения, смещает акцент в философских противоречиях технологического подхода в образовании в пользу осмысления и осознанного управления технологиями и алгоритмами, рассматривая обучающегося в качестве субъекта деятельности;

4) подростковый возраст, в силу ряда новообразований и изменений поведенческого характера, может выступать в качестве сензитивного для формирования технологической компетентности;

5) основные общеобразовательные организации имеют достаточный потенциал для формирования технологической компетентности подростков за счет интеллектуальных и методических ресурсов, исключая дополнительные затраты финансового и материально-технического характера.

**Список литературы**

1. Послание Президента Федеральному Собранию 1 марта 2018 [Электронный ресурс]. – URL: http://kremlin.ru/events/president/news/56957 (дата обращения: 10.06.2018).

2. Примерная основная образовательная программа основного общего образования [Электронный ресурс]. – URL: http://kzsvu.mil.ru/upload/site19/document_file/xKK4f86WG4.pdf (дата обращения: 10.06.2018).

3. Концепция развития предметной области «Технология» (2-я версия) [Электронный ресурс]. – URL: https://www.preobra.ru/improject-1590 (дата обращения: 29.05.2018).

4. WorldSkills International [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.worldskills.org (дата обращения: 30.05.2018).

5. Основные результаты международного исследования PISA-2015 [Электронный ресурс]. – URL: http://www.osoko.edu.ru/common/upload/osoko/pisa/PISA_2015_results_short_report.pdf (дата обращения: 09.06.2018).

6. Всемирный доклад по мониторингу образования. Образование в интересах людей и планеты: построение устойчивого будущего для всех. Оригинальное название (на английском): Education for people and planet: Creating sustainable futures for all. 2-е изд., опубликовано ООН по вопросам образования, науки и культуры. – Париж: Изд-во ЮНЕСКО, 2017. – 568 с.

7. Всероссийский центр изучения общественного мнения (ВЦИОМ) [Электронный ресурс]. – URL: https://wciom.ru (дата обращения: 09.06.2018).

8. Хохлова М.В., Плескачева О.Ю. Технологическая компетентность в структуре профессиональной подготовки будущего инженера: монография. – Брянск: БГИТА, 2013. – 164 с.

9. Хаматгалеева Г.А. Формирование технологической компетенции как необходимое условие развития технологической культуры учащихся / Г.А. Хаматгалеева // Известия Самарского научного центра РАН. – 2010. – № 3. – С. 65–69.

10. Дубровина И.В. Практическая психология в лабиринтах современного образования: монография / И.В. Дубровина. – М.: Изд-во МПСУ, 2014. – 464 с.

11. Лобанова Н.И. Образование и понимание (о технологическом подходе в педагогике) / Н.И. Лобанова // Высшее образование в России. – 2014. – № 2. – С. 48–56.

УДК 378:78.07

# ФОРМИРОВАНИЕ ВОКАЛЬНО-ИСПОЛНИТЕЛЬСКОГО МАСТЕРСТВА БУДУЩЕГО УЧИТЕЛЯ МУЗЫКИ

**Царькова Е.Г.**

*ФГБОУ ВО «СГУ имени Н.Г. Чернышевского», Саратов, e-mail: tsarkova_elena@mail.ru*

Техническое обеспечение учебного процесса в школе позволяет современному учителю музыки строить учебный и воспитательный процесс, опираясь на лучшие исполнения классической и современной музыки. Однако введение в урок исполнения вокальных произведений самим педагогом способствует созданию особой эмоциональной атмосферы совместного музыкального переживания, поэтому будущий учитель музыки должен иметь достаточно высокий уровень вокально-исполнительского мастерства. В начале обучения студент только начинает узнавать свои вокальные возможности. Задача педагога – организовать освоение вокальных и исполнительских навыков. В работе предлагается комплексный подход к формированию вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки на начальном этапе обучения. На основе анализа современных направлений в понимании исполнительского мастерства специалиста, в том числе музыканта, представлены его структурные компоненты, их содержательная наполненность, охарактеризованы специфические для вокалиста компоненты операционально-технологической подсистемы, дано определение исполнительского мастерства певца, обозначены основные направления работы с ним. Комплексный подход формирования вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки на начальном этапе обучения рассматривается как поступательный процесс, учитывающий органическую взаимосвязь индивидуально-психологического становления обучающегося и совершенствования содержания и форм организации учебно-воспитательной работы. Описана опытно-экспериментальная работа по реализации предложенного подхода в Институте искусств СГУ им. Н.Г. Чернышевского. С помощью диагностических, эмпирических методов, методов теоретико-методологического анализа и математической статистики определялись количественные и качественные показатели уровней сформированности вокально-исполнительского мастерства.

**Ключевые слова: вокально-исполнительское мастерство, будущий учитель музыки, комплексный подход**

# THE FORMATION OF PERFORMANCE SKILLS OF THE FUTURE MUSIC TEACHERS

**Tsarkova E.G.**

*Saratov State University n.a. N.G. Chernyshevsky, Saratov, e-mail: tsarkova_elena@mail.ru*

Technical support of the educational process at the school allows the modern music teacher to build the educational process, based on the best performances of classical and modern music. However, the introduction to the lesson of singing by the teacher contributes to the creation of a special emotional atmosphere of joint musical experience So the future music teacher should have a sufficiently high level of vocal and performing skills. At the beginning of the training the student is just beginning to learn their vocal abilities. The task of the teacher is to organize the development of vocal and performing skills. The paper proposes a comprehensive approach to the formation of vocal and performing skills of the future music teacher at the initial stage of training. On the basis of the analysis of modern trends in the understanding of performance skills of a specialist, including a musician, presented its structural components, their content content, characterized by specific components of the vocalist's operational and technological subsystem, the definition of performing skills of the singer, identified the main areas of work with him. An integrated approach to the formation of vocal and performing skills of the future music teacher at the initial stage of training is considered as a progressive process, taking into account the organic relationship of individual psychological formation of the student and improving the content and forms of organization of educational work. The experimental work on the implementation of the proposed approach at the Institute of arts of the SSU is described. N.G. Chernyshevskogo. With the help of diagnostic, empirical methods, methods of theoretical and methodological analysis and mathematical statistics, quantitative and qualitative indicators of the levels of formation of vocal and performing skills were determined.

**Keywords: vocal and performing skills, future music teacher, integrated approach**

Техническое обеспечение учебного процесса в школе позволяет современному учителю музыки строить учебный и воспитательный процесс, опираясь на лучшие исполнения классической и современной музыки. Однако возникновение духовного контакта, особого эмоционального подъема, осознание музыки как явления, рождающегося здесь и сейчас, возможно только при исполнении музыкальных произведений самим педагогом. Также важной частью урока музыки остается разучивание и исполнение песен. При этом показ учителя часто является определяющим для формирования отношения обучающихся к данному произведению и мотивации к освоению музыкального материала. Но для этого педагог должен сам овладеть голосом как музыкальным инструментом. Вокальное обучение – длительный процесс, предполагающий овладение техническими приёмами, способами звукообразования, музыкальными стилями, общей культурой. Все богатство художественного содержания вокального сочинения, гамма чувств, эмоций, настроений, заложенных в нем, глубины смыслов музыкального

и поэтического текста раскрывается голосом певца. Достижение высокого уровня вокального искусства начинается с овладения вокальными навыками. Поэтому формирование вокально-исполнительского мастерства является необходимым компонентом профессионального становления будущего учителя музыки.

Цель исследования: представить результаты разработки и практической реализации комплексного подхода к формированию вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки на начальном этапе обучения.

## Материалы и методы исследования

Системный подход рассматривает исполнительское мастерство как явление сложноорганизованное, многоуровневое, многоаспектное. Данное утверждение позволило нам, синтезировав основные направления в понимании исполнительского мастерства специалиста и музыканта в частности (Э.Б. Абдуллин, Ю.Б. Алиев, О.А. Апраксина, Л.Г. Арчажникова, Л.А. Безбородова; В.И. Петрушин, В.Г. Ражников, Г.М. Цыпин, А.Л. Готсдинер, Л.Л. Бочкарев, Л.А. Баренбойм, Н.К. Бакланова, Р.Ф. Сулейманов, М.М. Берлянчик и др.), определить его структурные компоненты и их содержательную наполненность:

1) мотивационно-волевой компонент включает в себя направленность на исполнительскую деятельность и психологическую готовность к публичным выступлениям;

2) операционально-технологический компонент предполагает овладение слуховыми навыками, навыками голосообразования, дыхания, артикуляции;

3) регулятивно-психологический компонент нацелен на формирование навыков самоконтроля исполнительских действий, саморегуляции профессионального развития, умение преодолевать технические трудности исполнения;

4) индивидуально-творческий компонент отражает индивидуально-творческий характер исполнения.

Данный компонентный состав исполнительского мастерства является универсальным для музыканта любой специализации. Однако наиболее специфические характеристики профессиографического описания слагаемых исполнительского мастерства вокалиста относятся к операционально-технологической подсистеме. Ее основу составляют вокальные навыки, под которыми Л.Б. Дмитриев понимал характер работы голосового аппарата, определенные «певческие двигательные динамические стереотипы», которые обеспечивают профессиональное звучание голоса [1, с. 73]. Вокальная методика среди основных выделяет следующие навыки: дыхание, резонирование, артикуляцию, звукообразование, вокально-слуховые, эмоциональную выразительность исполнения (Л.Б. Дмитриев, Г.П. Стулова, А.Г. Менабени, В. Багадуров, В.П. Морозов, А.М. Вербов, В.В. Емельянов и др.). Наиболее значимыми для нашего исследования являются следующие компоненты операционально-технологической подсистемы исполнительского мастерства:

– навыки звукообразования: правильное интонирование; резонаторное чувство; целенаправленное управление регистровым звучанием; использование разных видов атаки звука, подвижность голоса;

– слуховые навыки: вычленение из звукового потока качественных характеристик певческого звука, сравнение их с выработанными вокально-слуховыми представлениями, определение эмоциональной окрашенности звука;

– навыки дыхания: певческая установка; оптимальный для определенного типа вокальной партии объем дыхания; умение распределять дыхание на всю музыкальную фразу;

– навыки артикуляции: четкость и правильность произношения; логическая акцентировка, фразировка, выразительность [1–3].

Дадим краткую характеристику основных направлений вокальной работы на начальном этапе, в которых формируются перечисленные выше навыки.

1. Необходимые условия подготовки певца к вокально-исполнительскому процессу. Первые шаги в работе педагога связаны с приобретением новой привычки пристального внимания обучающегося не только к голосу, но и *ко всему телу*. Правильное и удобное положение тела, его свобода, умение координировать мышечную работу определяют эффективность работы голосового аппарата. Поэтому локус внимания начинающего певца уже с первых уроков должен быть направлен на свободное положение корпуса, головы, рук, ног, естественность вдоха, ощущение зевка при пении. В таком случае процесс постановки голоса будет продуктивным.

2. Работа над дыханием. Певческое дыхание – это основа образования вокального звука, та энергетическая система, которая определяет силу, длительность, окраску звучащего тона. Педагог на основе имеющегося опыта предлагает начинающему певцу возможные варианты овладения таким типом дыхания, при котором под голосовыми складками обеспечивалось бы умеренное и равномерное воздушное давление. Однако работа дыхательной системы характеризуется рефлекторностью. Поэтому приспособление дыхательного процесса для пения требует последовательного и длительного закрепления найденных реакций, ощущений и снятия различных мешающих мышечных зажимов [4].

3. Работа над звуком. Обучающийся под руководством педагога исследует возможности и особенности своего голоса, ищет пути наилучшего использования устройства своего голосового аппарата, резонирования, работает над координацией работы всех частей голосового аппарата, формированием верных механизмов звукообразования.

4. Работа над артикуляцией. В вокальном искусстве достижение мастерства предполагает не только овладение звуковыми возможностями своего голоса, как обязательными для возможности передать характер музыки, различных оттенки чувств важным условием выступает ясное и правильное произношение текста.

5. Гигиена голоса и режим вокальных занятий. С самых первых занятий необходимо выполнять ряд правил:

– работать в удобном диапазоне и динамике,

– постепенно расширять звуковой и динамический диапазон,

– не форсировать голос,

– вокальные занятия должны носить регулярный и систематический характер.

На основании изучения составляющих исполнительского мастерства музыканта, представим определение исследуемого явления. *Вокально-исполнительское мастерство будущего учителя музыки* – это определенный уровень вокальной деятельности, совершенствование которого обеспечивается взаимодействием его составляющих элементов, а именно: мотивационно-волевого, операционально-технологического, регулятивно-психологического, индивидуально-творческого.

Целостная личность проявляется во взаимосвязи различных проявлений сознания, отношений и поведения. Их формирование определяет также становление и развитие ее профессионализма [5, 6]. Бинарный характер учебно-воспитательного процесса отмечается многими учеными (Ю.К. Бабанский, Р.М. Бескина, В.Э. Чудновский). С позиций комплексного подхода он существует в единстве и органической взаимосвязи обеих его сторон, внутреннего закономерного развития личности и совершенствования содержания и форм организации учебно-воспитательной работы. Обобщив теоретические исследования, представим комплексный подход к формированию вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки на начальном этапе обучения. Он представляет собой процесс, направленный на целостное индивидуально-психологическое развитие студента, учитывающий как внутренние закономерности развитие личности (мотивационно-волевую, операционально-технологическую, регулятивно-психологическую, индивидуально-творческую подсистемы), так и совершенствование содержания и форм организации учебно-воспитательной работы (организационные, процессуальные, аналитические и корректирующие условия).

## Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальное исследование проходило в Институте искусств СГУ имени Н.Г. Чернышевского на индивидуальных занятиях по вокалу с 2015 по 2017 гг. Его участниками стали студенты 1 курса направления подготовки 44.03.01 «Педагогическое образование», профиль «Музыка».

В начале поискового этапа были определены три уровня сформированности вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки на начальном этапе обучения:

1) стихийно-эмпирический;
2) адаптивный;
3) репродуктивный.

Критерии разрабатывались с учетом структурных компонентов вокально-исполнительского мастерства студентов и их содержательной наполненности и включали:

1) ценностный компонент (направленность на исполнительскую деятельность; психологическая готовность к публичным выступлениям);

2) вокально-технологический (качество вокального слуха; знания об акустических и физиологических основах певческого процесса; уровень владения вокальными навыками);

3) регулятивно-психологический (умение контролировать собственные исполнительские действия; умение управлять своим профессиональным развитием);

4) исполнительская готовность (умение самостоятельно анализировать текст вокального произведения; умение вживаться в эмоциональной строй вокального сочинения, создавать яркие и адекватные музыкальному и поэтическому тексту образы).

Задания формулировались в соответствии с компонентами и критериями вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки. Каждый уровень определялся на основе анализа результатов анкетирования, экспертного оценивания, а также наблюдения и выражался в баллах, то есть имел количественные показатели.

Уровень сформированности вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки обеих групп в начале экспериментального исследования рассчитывался по следующей формуле

$$К = \frac{\sum pi}{Vэ(Vк)},$$

где К – показатель количественной оценки уровня сформированности исполнительского мастерства начинающего певца;
$p$ – соответствующий балл за блок вопросов;
$i$ – номер вопроса данного теста;
$Vэ$ – количество студентов экспериментальной группы;
$Vк$ – количество студентов контрольной группы.

На основе результатов проведенных расчетов были сформированы экспериментальная и контрольная группа с примерно одинаковыми показателями и численным составом: в экспериментальную группу вошло 7 человек (средний балл группы составил 13,1), в контрольную – 8 (средний балл группы – 12,6). Оба показателя соответствовали начальному уровню – стихийно-эмпирическому.

На формирующем этапе экспериментальной работы в контрольной группе обучение происходило по традиционной методике, в экспериментальной группе апробировался комплексный подход к формированию вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки.

В рамках формирования мотивационно-волевой подсистемы исполнительского мастерства в беседах со студентами выяснялась важность овладения голосом будущим учителем музыки, выявлялись необходимые исполнительские качества голоса для того, чтобы заинтересовать учащихся вокальным

произведением, показать правильную работу голосового аппарата. Важным являлось создание ситуаций успеха, положительного эмоционального фона занятий.

В процессе подготовки к концертным выступлениям (например, зачет или экзамен) важными являлись коллективные уроки, когда на индивидуальных занятиях присутствовало несколько студентов, наблюдающих за исполнительской деятельностью. Таким образом, студенты приучались к присутствию публики, приобретали умения самоконтроля исполнительских действий и психологического состояния.

Следующая серия заданий была направлена на формирование операционально-технологической и регулятивно-психологической подсистем. Учитель музыки должен не только сам владеть своим голосом, но и методами его развития у детей. Основой и того, и другого вида деятельности является развитый вокальный слух. Поэтому студентам предлагался для прослушивания перечень исполнителей, первоначально близких по типу к голосу обучаемых, а затем ведущих академических певцов. Обучающиеся заполняли таблицы анализа вокально-исполнительской деятельности данных певцов сначала под руководством и направляющим вниманием педагога, а по мере формирования умений анализа самостоятельно с последующей проверкой преподавателем. Также студенты наблюдали за вокально-исполнительскими действиями своих товарищей и проводили ее анализ по той же методике [7].

Формирование индивидуально-творческой подсистемы вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки осуществлялось в процессе обучения студентов умениям работы над музыкальным и поэтическим текстом произведения и выразительностью исполнения. Для решения первой задачи мы использовали методику, предложенную И.И. Силантьевой [8]. Для решения второй задачи мы использовали традиционные методы отработки внешнего выражения эмоционального состояния у зеркала, а также современные технические средства – видеозапись – с последующим анализом и корректировкой исполнительских решений.

По окончании экспериментальной работы на формирующем этапе было проведено повторное определение уровней вокально-исполнительского мастерства будущего учителя музыки на начальном этапе обучения. В результате анализа количественных показателей уровней вокально-исполнительского мастерства оказалось, что студенты обеих групп достигли среднего – адаптивного уровня (16–23 балла). В то же время необходимо отметить, что средний балл студентов экспериментальной группы составил 23,5, то есть значительно приблизились к параметрам высшего репродуктивного уровня (24–30 баллов). А средний балл студентов контрольной группы – 17,4 указывает на близость к предшествующему стихийно-эмпирическому уровню (0–15 баллов).

## Выводы

Таким образом, именно использование комплексного подхода на начальном этапе вокального обучения студентов экспериментальной группы позволило им достичь более высоких результатов по сравнению с их сокурсниками из контрольной группы, а главное, дало им возможность осознанно, целенаправленно, последовательно формировать собственное вокально-исполнительское мастерство.

## Список литературы

1. Дмитриев Л.Б. Основы вокальной методики / Л.Б. Дмитриев. – М.: Музыка, 2012. – 368 с.

2. Павлова М.А. Исполнительское мастерство (в помощь начинающему певцу) / М.А. Павлова // Непрерывное профессиональное художественное образование в условиях диалога культур: современные подходы и перспективы развития: материалы международной межвузовской научно-практической конференции. – Хабаровск: Тихоокеанский государственный университет, 2015. – С. 205–209.

3. Стулова Г.П. Типы дыхания в пении / Г.П. Стулова // Наука и школа. – 2016 – № 2. – С. 105–108.

4. Покровский А.В. Певческое дыхание / А.В. Покровский // Современная наука: актуальные проблемы теории и практики. – 2013. – № 9–10. – С. 6–13.

5. Бакулина М.С. Системный и комплексный подходы: сходство и различие / М.С. Бакулина // Вестник Красноярского государственного педагогического университета им. В.П. Астафьева. – 2011. – № 2 – С. 168–173.

6. Барвинская Е.М. Комплексный подход к голосовой подготовке учителя музыки // Молодой ученый. – 2009. – № 8. – С. 152–156.

7. Царькова Е.Г. Подготовка будущего учителя музыки к профессиональному самопознанию: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. – Саратов, 2006. – 227 с.

8. Силантьева И.И. Путь к интонации. Театральность романса: методическое пособие / И.И. Силантьева. – М.: Кирилица, 2005. – 54 с.