СОВРЕМЕННЫЕ НАУКОЕМКИЕ ТЕХНОЛОГИИ

№ 3, 2019
Часть 2
ISSN 1812–7320

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

Журнал издается с 2003 г.
12 выпусков в год

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

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

Ответственный секретарь редакции
Бизенкова Мария Николаевна

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

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

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

Все публикации рецензируются. Доступ к электронной версии журнала бесплатен.

Двухлетний импакт-фактор РИНЦ = 0,969.

Пятилетний импакт-фактор РИНЦ = 0,407.

Журнал включен в Реферативный журнал и Базы данных ВИНИТИ.

Учредитель, издательство и редакция:
ИД «Академия Естествознания»

Почтовый адрес: 105037, г. Москва, а/я 47
Адрес редакции: 440026, Пензенская область, г. Пенза, ул. Лермонтова, 3

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

Подписано в печать – 25.03.2019
Дата выхода номера – 25.03.2019

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

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

Способ печати – оперативный
Распространение по свободной цене
Усл. печ. л. 24
Тираж 1000 экз. Заказ СНТ 2019/3
Подписной индекс 70062

© ИД «Академия Естествознания»

СОДЕРЖАНИЕ

Технические науки (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЗАЛЬТОВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛИТ

Айдаралиев Ж.К., Исманов Ю.Х., Кайназаров А.Т., Абдиев М.С. *115*

ВОВЛЕЧЕНИЕ ОСТАТКОВ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ В ПРОИЗВОДСТВО СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Артюхов С.А., Кривенко Е.С., Шорохов А.Д., Щербакова А.В. *120*

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ АСФАЛЬТО-СМОЛО-ПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

Баталина Л.С., Сафин В.А., Вищуренко А.А., Бурюкин Ф.А., Ваганов Р.А. *125*

ЭКОСТИЛЬ В ЛАНДШАФТНОМ БЛАГОУСТРОЙСТВЕ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

Вишневская Е.В., Степанова Ж.Ю. *130*

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КВАНТОВОГО КОМПЬЮТЕРА

Воронов В.К., Дударева О.В. *135*

ПРОБЛЕМЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА И ВАРИАНТЫ ИХ РЕШЕНИЯ В СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТАХ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КОМСОМОЛЬСКА-НА-АМУРЕ)

Галкина Е.Г., Гринкруг Н.В. *140*

ХЕМОСОРБЦИЯ $CA(OH)_2$ АМОРФНЫМ НАНОПОРОШКОМ SIO_2

Горев Д.С., Потапов В.В., Ефименко Ю.В., Карабцов А.А., Курявый В.Г., Баланов М.И. *146*

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ИСТОЧНИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ АНИОННЫХ И КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ

Гришин Б.М., Гарькин И.Н., Салмин С.М., Янова С.Г. *155*

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ, КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУЛЬФАТА ЕВРОПИЯ (II) $EUSO_4$

Денисенко Ю.Г., Пимнева Л.А. *161*

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ КОАГУЛЯНТОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ТЮМЕНИ

Загорская А.А., Пимнева Л.А., Лапик О.И., Сидунов С.А., Щекин А.Н. *166*

СНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МОСТОВЫХ КРАНОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Извеков Ю.А., Гугина Е.М., Анисимов А.Л., Шеметова В.В. *171*

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ МЕТОДОМ ДЕКОМПОЗИЦИИ

Ильясов Б.Г., Саитова Г.А., Елизарова А.В. *177*

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ШИФРОВАНИЯ МАЛОРЕСУРСНОЙ КРИПТОГРАФИИ В КОНТЕКСТЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

Ищукова Е.А., Толоманенко Е.А. *182*

ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА (III) ИЗ РАСТВОРОВ ХЛОРОВОДОРОДНОЙ КИСЛОТЫ ИЗОМЕРАМИ ОКТАНОЛА В ИНЕРТНЫХ РАЗБАВИТЕЛЯХ

Касиков А.Г., Соколов А.Ю. *187*

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ДВУХФАЗНОЙ СМЕСИ ПРИ НАЛИЧИИ ЧАСТИЦ МЕЛЬЧАЙШИХ ФРАКЦИЙ

Кондратьев А.С., Швыдько П.П. *193*

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

Копытов С.М., Ульянов А.В., Шибеко Р.В. *199*

УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПУТЕМ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДА ЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Кузьмич Р.И. *207*

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ АТМОСФЕРОСТОЙКОГО АРБОЛИТА ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ПО ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ

Матыева А.К. *212*

МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК УЩЕРБА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Москвина Е.А., Извеков Ю.А., Гугина Е.М., Шеметова В.В. *217*

РОЛЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В СИСТЕМЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Петрова В.В., Вишневская Е.В., Степанова Ж.Ю. *222*

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА (III) ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ

Полещук И.Н., Пинигина И.А., Созыкина Е.С. *227*

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СОСТАВОВ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОКРЕМНЕЗЕМА И МИКРОКРЕМНЕЗЕМА

Потапов В.В., Горев Д.С. *232*

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СПЛАВЕ ТИТАНА ВТ5

Рамазанова Ж.М., Замалитдинова М.Г. *239*

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ЗАМЕНЫ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЗАВОДЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ CO_2-ЭКСТРАКТОВ

Силинская С.М., Нарыжная Н.Ю., Касьянов Г.И. *244*

РАЗРАБОТКА ФОРМАЛЬНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АНАЛИЗА НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕСТРУКТИВНОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ИСПЫТУЕМЫХ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВОМ

Ситникова М.А., Афонин А.Н., Путивцева Н.П., Зайцева Т.В., Асадуллаев Р.Г., Рыжкова Ю.П., Давлетчурин К.Х., Рудофилова М.А., Мышеловка Л.В. *250*

О ПРОБЛЕМАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕГИОНЕЛЛЫ И ДРУГИХ БАКТЕРИЙ В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕЛИОСИСТЕМ

Торопов А.Л. *256*

СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ НА 3D ПРИНТЕРЕ С ВНУТРЕННИМ СИЛОВЫМ КАРКАСОМ ИЗ КАРБОНОВОГО ВОЛОКНА

Торопов А.Л. *261*

КРИТЕРИАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

Черников Б.В., Трофимова А.В. *266*

РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ПОРОШКОВ НАНОКРЕМНЕЗЕМА
Шунина Е.В., Потапов В.В., Горев Д.С. *274*

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

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ КОЛЛЕДЖА К ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ ВОВЛЕЧЕНИЮ В КИБЕРЭКСТРЕМИСТСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ
Диденко Е.В., Гафарова Е.А., Диденко Г.А. *280*

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГЕРОНТООБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ
Мосина О.А., Гонежук А.Г. *284*

ИНТЕГРИРОВАННАЯ МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ КОММУНИКАТИВНЫХ НАВЫКОВ БУДУЩЕГО ПРЕПОДАВАТЕЛЯ-ИССЛЕДОВАТЕЛЯ
Ольховик Н.Г., Липатова Е.Г. *289*

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГРАММАТИКИ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРИЁМ ОБУЧЕНИЯ РУССКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ-БИЛИНГВОВ ЯЗЫКОВОГО ВУЗА
Шеина Л.П., Иванова Т.В. *294*

CONTENTS

Technical sciences (05.02.00, 05.13.00, 05.17.00, 05.23.00)

DETERMINATION OF THE OPTIMAL COMPOSITION OF THE MATERIAL FOR THE MANUFACTURE OF BASALT FIBER COMPOSITION PLATES

Aydaraliev Zh.K., Ismanov Yu.Kh., Kaynazarov A.T., Abdiev M.S. *115*

THE INVOLVEMENT OF THE RESIDUE OF THE GAS CONDENSATES IN THE PRODUCTION OF LUBRICANTS

Artukhov S.A., Krivenko E.S., Shorokhov A.D., Sherbakova A.V. *120*

STUDY OF THE SOLUBILITY OF ASPHALT-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS OF OIL TANKS IN THE TECHNICAL SOLVENTS

Batalina L.S., Safin V.A., Vischurenko A.A., Buryukin F.A., Vaganov R.A. *125*

ECOSTYLE IN LANDSCAPE IMPROVEMENT OF THE MODERN CITY

Vishnevskaya E.V., Stepanova Zh.Yu. *130*

MOLECULAR ASPECTS OF THE PROBLEM CREATION OF QUANTUM COMPUTER

Voronov V.K., Dudareva O.V. *135*

URBAN DEVELOPMENT THE FORMATION OF FUNCTIONAL-PLANNING STRUCTURE OF THE CITY OF KOMSOMOLSK-ON-AMUR

Galkina E.G., Grinkrug N.V. *140*

THE CHEMISORPTION OF $CA(OH)_2$ AMORPHOUS SIO_2 NANOPOWDER

Gorev D.S., Potapov V.V., Efimenko Yu.V., Karabtsov A.A., Kuryavyy V.G., Balanov M.I. *146*

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF SURFACE SOURCE WATER PURIFICATION EFFICIENCY WITH APPLICATION OF ANIONIC AND CATIONIC POLYELECTROLYTES

Grishin B.M., Garkin I.N., Salmin S.M., Yanova S.G. *155*

METHODS OF PREPARATION, CRYSTAL STRUCTURE AND OPTICAL PROPERTIES OF EUROPIUM (II) SULFATE $EUSO_4$

Denisenko Yu.G., Pimneva L.A. *161*

THE USE OF COMPLEX COAGULANT ON THE BASIS OF NATURAL COMPONENTS FOR PREPARATION OF WATER OF TYUMEN CITY CENTRALIZED WATER SUPPLY SYSTEMS

Zagorskaya A.A., Pimneva L.A., Lapik O.I., Sidunov S.A., Shchekin A.N. *166*

DECREASE IN DIMENSION IN PROBLEMS OF ASSESSMENT OF QUALITY OF BRIDGE CRANES OF THE METALLURGICAL ENTERPRISE

Izvekov Yu.A., Gugina E.M., Anisimov A.L., Shemetova V.V. *171*

INVESTIGATION OF MULTI-CONNECTED SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL WITH DELAY DECOMPOSITION METHOD

Ilyasov B.G., Saitova G.A., Elizarova A.V. *177*

ANALYSIS OF THE ALGORITHMS FOR ENCRYPTION OF LIGHTWEIGHT CRYPTOGRAPHY IN THE CONTEXT OF THE INTERNET OF THINGS

Ishchukova E.A., Tolomanenko E.A. *182*

EXTRACTION OF IRON (III) FROM HYDROCHLORIC ACID SOLUTION BY ISOMERS OF OCTANOL WITH INERT DILUENT

Kasikov A.G., Sokolov A.Yu. *187*

DETERMINATION OF CRITICAL VELOCITY OF MOTION OF TWO-PHASE MIXTURES IN THE EXISTENCE OF PARTICLES OF SMALLY FRACTIONS

Kondratev A.S., Shvydko P.P. *193*

DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENT LIGHTING SYSTEMS

Kopytov S.M., Ulyanov A.V., Shibeko R.V. *199*

ACCOUNTING THE FEATURES OF PRACTICAL TASKS BY SETTING PARAMETERS OF THE METHOD OF LOGICAL ANALYSIS OF DATA

Kuzmich R.I. *207*

RESEARCH OF STRENGTH AND DEFORMABILITY OF THE WEATHERPRO OF ARBOLITE FROM LOCAL RAW MATERIALS ON ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR WALL BLOCKS

Matyeva A.K. *212*

MODEL ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF DAMAGE OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS OF THE METALLURGICAL ENTERPRISE METALLURGICAL ENTERPRISE

Moskvina E.A., Izvekov Yu.A., Gugina E.M., Shemetova V.V. *217*

THE ROLE OF ARTIFICIAL LANDSCAPES IN THE SYSTEM OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SPECIALLY PROTECTED TERRITORIES. PROBLEM STATEMENT

Petrova V.V., Vishnevskaya E.V., Stepanova Zh.Yu. *222*

EXTRACTING IONS OF IRON (III) FROM AQUEOUS SOLUTIONS BY NATURAL SORBENTS MODIFIED

Poleshchuk I.N., Pinigina I.A., Sozykina E.S. *227*

THE RESULTS OF TESTS OF THE COMPOSITIONS OF FINE-GRAINED CONCRETE WITH ADDITION OF NANOSILICA FUME AND MICROSILICA

Potapov V.V., Gorev D.S. *232*

STUDY OF PROPERTIES OF OXIDE COATINGS ON TITANIUM VT5 ALLOY

Ramazanova Zh.M., Zamalitdinova M.G. *239*

SYSTEM ANALYSIS OF MANAGEMENT OF PROCESS OF IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY AND REPLACEMENT OF EQUIPMENT AT THE MANUFACTURING PLANT CO_2-EXTRACTS

Silinskaya S.M., Naryzhnaya N.Yu., Kasyanov G.I. *244*

DEVELOPMENT OF FORMAL AND ALGORITHMIC METHODS FOR ANALYSIS OF NEUROPHISIOLOGICAL DATA AND PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS FOR THE ASSESSMENT OF THE DEGREE OF DESTRUCTIVE BEHAVIOR OF ACTIVE INTERNET USERS

Sitnikova M.A., Afonin A.N., Putivtseva N.P., Zaytseva T.V., Asadullaev R.G., Ryzhkova Yu.P., Davletchurin K.Kh., Rudofilova M.A., Myshelovka L.V. *250*

ON THE PROBLEMS OF LEGIONELLA AND OTHER BACTERIA IN INDIVIDUAL AND DECENTRALIZED HEATING SYSTEMS AND HOT WATER SUPPLY OF COMBINED HELIOSYSTEMS

Toropov A.L. *256*

METHOD OF BUILDING OF CONSTRUCTIONS ON 3D PRINTER WITH INTERNAL POWER FRAMES MADE FROM CARBON FIBER

Toropov A.L. *261*

CRITERION SYSTEM FOR ASSESSING THE SECURITY OF DOCUMENTS BASED ON LEXICOLOGICAL SYNTHESIS TECHNOLOGY

Chernikov B.V., Trofimova A.V. *266*

X-RAY PHASE ANALYSIS OF POWDERS NANOSILICA
Shunina E.V., Potapov V.V., Gorev D.S. *274*

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

PEDAGOGICAL CONDITIONS OF FORMATION OF READINESS OF STUDENTS OF THE COLLEGE TO ADDRESSING THE INVOLVEMENT IN CYBERACTIVISTS ACTIVITIES
Didenko E.V., Gafarova E.A., Didenko G.A. *280*

MODERN TRENDS MOREOVER, WE HAVE IN RUSSIA
Mosina O.A., Gonezhuk A.G. *284*

INTEGRATED METHODOLOGY OF COMMUNICATION SKILLS DEVELOPMENT FOR FUTURE RESEARCHERS AND ACADEMICS
Olkhovik N.G., Lipatova E.G. *289*

GRAMMAR VISUALIZATION AS AN EFFECTIVE TECHNIGUE OF TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE TO BILINGUAL STUDENTS OF A LINGUISTIC UNIVERSITY
Sheina L.P., Ivanova T.V. *294*

УДК 691:539.4:553.2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО СОСТАВА МАТЕРИАЛА ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ БАЗАЛЬТОВОЛОКНИСТЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПЛИТ

Айдаралиев Ж.К., Исманов Ю.Х., Кайназаров А.Т., Абдиев М.С.

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: i_yusupjan@mail.ru

Рассмотрена задача оптимизации состава и свойств базальтоволокнистых композиционных плит повышенной жесткости для теплоизоляции зданий и сооружений для усредненных климатических условий. Матрица композиционных теплоизоляционных плит формировалась с помощью тонких волокон, полученных из базальта. Базовым наполнителем для полученных матриц из волокна служила смесь глины и поливинилацетатной дисперсии. Подбор оптимального состава материала для формируемых плит проводился на первом этапе экспериментально, а на втором этапе, на основе полученных экспериментальных данных, подбирались статистические модели для исследования различных характеристик плит. Функции оптимизации в рассматриваемых модельных экспериментах зависели от четырех независимых переменных. В качестве таких переменных параметров брались значения процентного содержания огнеупорной глины и поливинилацетатной дисперсии в материале плит, значения температуры и времени тепловой обработки, прошедших предварительную сушку плит. Базовая матрица таких плит формировалась из волокон на основе базальта. В качестве функций оптимизации рассматривались значение плотности и степень сжимаемости материала плит. Полученные результаты позволили определить оптимальные рецептурно-технологические параметры изготовления плит на базе волокон из базальта. Из материала с оптимизированным составом изготовлялись теплозащитные плиты из базальтового волокна, предназначенные для использования в температурном диапазоне от –100 до +250 °С.

Ключевые слова: оптимизация, плиты из базальтового волокна, глина, поливинилацетатная дисперсия, плотность, сжимаемость

DETERMINATION OF THE OPTIMAL COMPOSITION OF THE MATERIAL FOR THE MANUFACTURE OF BASALT FIBER COMPOSITION PLATES

Aydaraliev Zh.K., Ismanov Yu.Kh., Kaynazarov A.T., Abdiev M.S.

Kyrgyz State University of Construction, Transport and Architecture named after N. Isanov, Bishkek, e-mail: i_yusupjan@mail.ru

The task of optimizing of the composition and properties of basalt fiber-reinforced composite plates of increased rigidity for thermal insulation of buildings and structures for average climatic conditions was considered. The matrix of composite heat-insulating plates was formed with the help of fine fibers obtained from basalt. The base filler for the resulting fiber matrices was a mixture of clay and a polyvinyl acetate dispersion. The selection of the optimal composition of the material for the formed plates was carried out at the first stage experimentally, and at the second stage, on the basis of the experimental data obtained, statistical models were selected to study various characteristics of the plates. The optimization functions in the model experiments under consideration depended on four independent variables. As such variables, we took the values of the percentage of refractory clay and of the polyvinyl acetate dispersion in the plate material , the values of temperature and the time of heat treatment of plates, which were preliminary dried. The base matrix of such slabs was formed from basalt-based fibers. The functions of density and degree of compressibility of the plate material were considered as optimization functions. The results obtained allowed us to determine the optimal technological parameters for the manufacture of plates based on basalt fibers. The basalt fiber plates for heat insulation, made for use in the temperature range from –100 to + 250 °C, were made from a material with an optimized composition.

Keywords: optimization, basalt fiber plates, clay, polyvinyl acetate dispersion, density, compressibility

Широкомасштабные исследования в области материаловедения и механики материалов позволили создать широкий спектр материалов различного назначения. Важное место в этих исследованиях занимают теоретические и экспериментальные результаты, полученные при разработке композиционных материалов, или композитов. Одним из важных направлений исследований в области создания композиционных материалов являются работы по теоретическому обоснованию и производству материалов волоконного типа.

Материалы, представляющие собой соединение матрицы из базальтовых волокон и наполнителей, можно, без сомнений, отнести к классу композитных материалов [1–3]. Матрицей таких материалов всегда являются волокна из базальта. Поэтому изменять характеристики таких материалов можно только за счет регулирования свойств и содержания наполнителей, температурной обработки смеси, формирующей плиты из этих материалов [4–6].

Цель исследования: разработка методики подбора оптимального состава материалов на основе базальтового волокна с целью улучшения характеристик плит, изготовленных из этого материала.

Таблица 1

Уровни варьирования факторов

Уровни факторов	Значение факторов			
	X_1 – глина, %	X_2 – ПВАД,%	X_3 – температура термообработки, °С	X_4 – время термообработки, мин
–1	0	0	100	20
0	10	5	150	40
1	20	10	200	60

Таблица 2

План и результаты эксперимента

№ п/п	Нормализованные переменные				Натуральные переменные				Результаты эксперимента	
	x_1	x_2	x_3	x_4	X_1 – огнеупорная глина,%	X_2 – ПВАД,%	X_3 – температура термообработки, °С	X_4 – время термообработки, мин м	Y_1 – значение плотности, кг/м^3	Y_2 – величина сжимаемости,%
1	+	+	+	+	20	10	200	60	117	3,45
2	+	+	+	–	20	10	200	20	107	58
3	+	+	–	+	20	10	100	60	127	1,3
4	+	+	–	–	20	10	100	20	138	10,2
5	+	–	+	+	20	0	200	60	97	27,41
6	+	–	+	–	20	0	200	20	78	24,36
7	+	–	–	+	20	0	100	60	67	30,76
8	+	–	–	–	20	0	100	20	77	23,36
9	–	+	+	+	0	10	200	60	83	15,66
10	–	+	+	–	0	10	200	20	95	15,56
И	–	+	–	+	0	10	100	60	95	9,4
12	–	+	–	–	0	10	100	20	93	14,93
13	–	–	+	+	0	0	200	60	62	26,46
14	–	–	+	–	0	0	200	20	59	23,43
15	–	–	–	+	0	0	100	60	56	21,6
16	–	–	–	–	0	0	100	20	73	0,63
17	+	0	0	0	20	10	150	40	177	5,0
18	–	0	0	0	0	5	150	40	106	2,4
19	0	+	0	0	10	10	150	40	116	24,53
20	0	–	0	0	10	0	150	40	98	5,76
21	0	0	+	0	10	5	200	40	119	5,76
22	0	0	–	0	10	5	100	40	100	0,26
23	0	0	0	+	10	5	150	60	119	2,73
24	0	0	0	–	10	5	150	20	119	3,49

Материалы и методы исследования

Матрица композиционных теплоизоляционных плит формировалась с помощью тонких волокон, полученных из базальта. Базовым наполнителем для полученных матриц из волокна служила смесь глины и поливинилацетатной дисперсии.

Тестовые плиты из базальтового волокна и наполнителей получали в специальных формах, размеры которых подбирали в соответствии с требованиями ГОСТа для теплоизоляционных плит. Давление, при котором происходило производство плит, подбиралось экспериментально, так же как и концентрации компонентов наполнительной смеси [7].

Формы с волоконной матрицей и наполнителями подвергались тепловой обработке при температурах не меньше 110 °С и времени обработки от четырех до пяти часов. После контроля полученных плит на однородность структуры они подвергались дальнейшей тепловой обработке уже при более высоких температурах в диапазоне от 150 до 210 °С, причем длительность такой обработки значительно уменьшалась, от значения 20 минут до одного часа. Непрерывное контролирование температурного режима осуществлялось дистанционно, посредством методов голографической интерферометрии [8, 9].

Подбор оптимального состава материала для формируемых плит проводился на первом этапе экспериментально, а затем, на основе полученных экспериментальных данных, подбирались статистические модели для исследования различных характеристик плит.

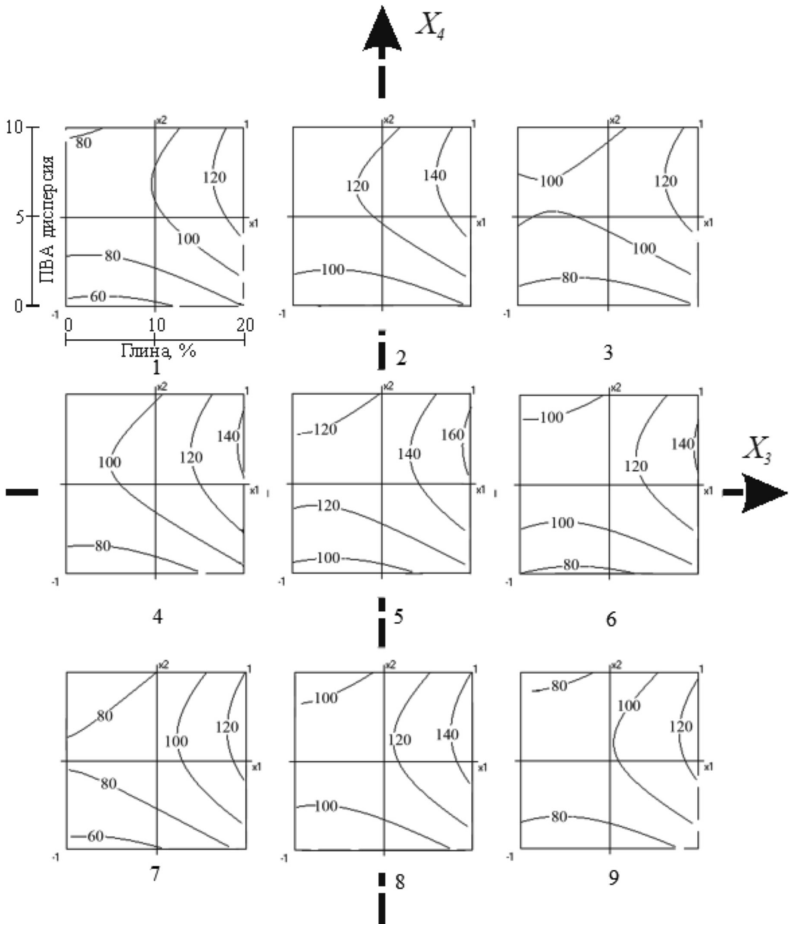


Рис. 1. Номограммы плотности плит из базальтового волокна в девяти координатных положениях пространства факторов X_3X_4

Модельный эксперимент проводился на базе четырех параметров [10] (табл. 1 и 2). В качестве таких переменных параметров брались: X_1 – огнеупорная глина, %; X_2 – поливинилацетатная дисперсия, %; X_3 – значение температуры тепловой обработки, °С; X_4 – значение времени тепловой обработки, мин. Базовая матрица формировалась из волокон на основе базальта.

Уровни варьирования четырех факторов представлены в табл. 1. В качестве параметров оптимизации брали: Y_1 – значение плотности, кг/м^3, и Y_2 – величина сжимаемости, %.

Экспериментальные результаты, обработанные методами статистики, позволили разработать две математические модели:

1. Для плотности материала плит:

$$Y_1(\text{кг/м}^2) = 130,583 + 17,944x_1 + \\ +10,917x_2^2 + 7,125x_1x_2 - 3,25x_1x_3 - 1,75x_1x_4 + \\ +13,556x_2 - 23,583x_2^2 - 0,875x_2x_3 + 3,375x_2x_4 + \\ +2,833x_3 - 21,083x_3^2 - 0,25x_3x_4 + 2,444x_4 - 11,583x_4^2. \quad (1)$$

Модель (1) показала, что плотность базальтовых плит увеличивается с увеличением содержания глины ($b_1 = 17,944$). Содержание ПВАД ($b_2 = 13,556$) также повышает плотность, но его содержание должно быть оптимальным из-за наличия отрицательного значения $b_{22} = -23,583$. Факторы x_3 и x_4 существенного влияния на плотность не оказывают.

2. Для характеристик, определяющих степень сжатия материала плит:

$$Y_2(\%) = 3,027 + 0,708x_1^2 - 4,287x_1x_2 - \\ -2,448x_1x_3 - 1,212x_1x_4 - 4,609x_2 + \\ +12,153x_2^2 - 1,293x_2x_3 - 3,197x_2x_4 + \\ +1,968x_3 - 0,633x_3x_4 + 0,947x_4. \quad (2)$$

Вывод, который можно сделать исходя из модели (2) – ПВАД сильно снижает возможность сжатия плит из базальтовых волокон ($b_2 = -4,609$), а рост значения температуры термической обработки способствует увеличению способности к сжатию.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследование характеристик плит из базальтового волокна проводилось на произвольных девяти координатных положениях пространства факторов X_2 X_4. Также учитывалось влияние изменения содержания ПВАД – x_2 и глины – x_1 в материале плиты (рис. 1). Рис. 1 показыва-

ет, что при увеличении содержания глины до максимума, равного 20 %, а добавки ПВАД до оптимального значения, равного 5–10 %, плотность материала увеличивается от значения 6 кг/м^3 до 160 кг/м^3 (точка 5). Сравнение точек для всех номограмм от 1 до 9 (рис. 1) показывает, что плотность для $x_1 = 1$ увеличивается при росте температуры до 150 °С, а при значении температуры вблизи 200 °С плотность слегка уменьшается. Из номограммы также видно, что максимальная плотность в 160 кг/м^3 достигается в точке 5 – вблизи центра факторного пространства. Номограммы 7–9 (рис. 1) показывают закономерности изменения плотности плит из базальтового волокна, при условии, что температура нарастает от 110 до 210 °С, а время тепловой обработки минимально и равно 19 мин. Из номограмм видно, что наибольшее значение плотности в 145 кг/м^3 получается при значении температуры термической обработки равном 155 °С. При этом оптимальное значение содержания ПВАД в материале лежит в пределах от 3,75 до 10 %. Содержание глины при этом находится на максимуме, т.е. равно 20 %. Дальнейшее повышение температуры тепловой обработки приводит к небольшому снижению значения плотности в этой области до 120 кг/м^3. Анализ плотности плит из базальтового волокна, выдержка которых равна 40 мин (номограммы 4–6 на рис. 1), показывает, что наибольшее значение плотности материала, равное ρ = 160 кг/м^3, достигается при том же составе материала плиты – ПВАД 5–10 % и глины 20 %. Если повысить значение температуры тепловой обработки до 210 °С, то происходит понижение плотности плит из базальта до значения ρ = 145 кг/м^3, при условии, что состав материала остается неизменным.

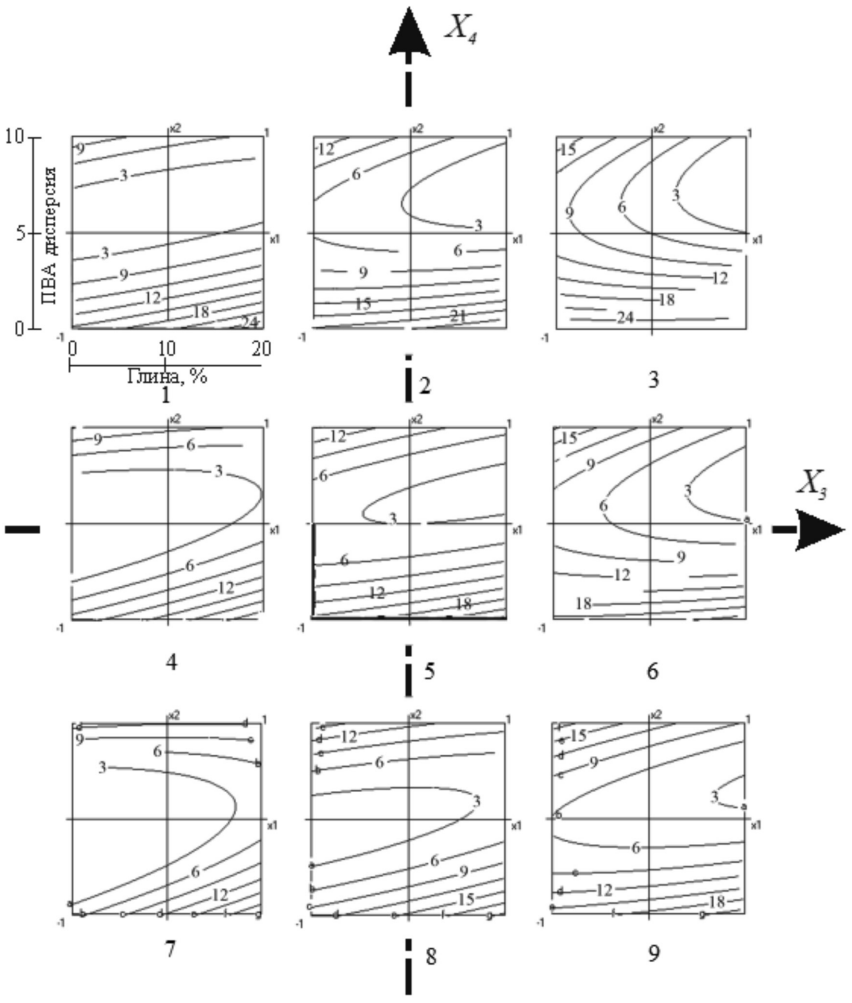


Рис. 2. Номограммы сжимаемости плит из базальтового волокна в девяти координатных положениях пространства факторов X_3X_4

Номограммы 1–3 (рис. 1) для плотности плит из базальта, которые подвергаются тепловой обработке в течение 60 мин, показывают, что происходит небольшое снижение плотности по сравнению с тем, что имелось при длительности тепловой обработки материала плит в течение 40 мин. Для показателя сжимаемости плит из базальтового волокна (рис. 2) характерно то, что для всех 9 координатных положений пространства факторов x_3 и x_4 присутствует оптимальная зона, в которой сжимаемость наименьшая, и она равна 3 мм. Для этой зоны содержание ПВАД изменяется в пределах от 6 % до 8 %, а глины от 11 % до 21 %.

Выводы

Исследованы характеристики композиционных материалов на базе базальтовых волокон. Подбор оптимального состава базальтоволокнистых композиционных плит проводился с помощью моделирования, использующего экспериментальные результаты и методы статистики. Анализ состояния плит проводился по плотности, сжимаемости и прочности на разрыв. Полученные результаты позволили определить оптимальные технологические параметры изготовления плит на базе волокон из базальта. Из материала с оптимизированным составом изготовлялись теплозащитные плиты из базальтового волокна, предназначенные для использования в температурном диапазоне от –100 до +250 °С.

Список литературы

1. Ормонбеков Т.О. Технология базальтовых волокон и изделия на их основе. Бишкек: Технология, 2007. 122 с.

2. Ормонбеков Т.О., Ташполотов И.Т., Айдаралиев Ж.К., Бекболот кызы Б. Плиты базальтовые для теплоизоляции // Известия ВУЗов КР. 2010. № 1–2. С. 37–40.

3. Ормонбеков Т.О. Технология базальтовых волокон и изделия на их основе. Бишкек: Технология, 2009. 122 с.

4. Ормонбеков Т.О. Техника и технология производства базальтовых волокон. Бишкек: Илим, 2009. 252 с.

5. Ормонбеков Т.О., Байсалов Э.А., Дубинин Ю.Н. Технология, оборудование и производство базальтовых волокон электрическим плавлением пород. Бишкек: Илим, 2010. 96 с.

6. Попенко И.В., Шевченко О.Г. Волокна и теплоизоляционные материалы на их основе. Киев: Укр. НИИНТИ, 1985. 32 с.

7. Захарова Ю.В., Лохматова Л.Г. Моделирование напряженно-деформированного состояния композиционных оболочек с дефектами // Инженерный журнал: наука и инновации. 2016. № 11. С. 1–11.

8. Исманов Ю.Х., Исмаилов Д.А., Жумалиев К.М., Алымкулов С.А. Эффект саморепродуцирования в голографии // Материалы VI Международной конференции по фотонике и информационной оптике: сборник научных трудов. М.: НИЯУ МИФИ, 2017. С. 646–647.

9. Ismanov Y.Kh., Tynyshova T.D., Aidaraliev Z.K. Wide-range holographic interferometer. Optical Engineering. 2018. V. 57. No. 12. 124106. DOI: 10.1117/1.OE.57.12.124106.

10. Атырова Р.С. Оптимизация прочности базальтовых композиционных плит // Вестник Ошского государственного университета. 2015. № 1. С. 165–169.

УДК 665.662.373

ВОВЛЕЧЕНИЕ ОСТАТКОВ ГАЗОВЫХ КОНДЕНСАТОВ В ПРОИЗВОДСТВО СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Артюхов С.А., Кривенко Е.С., Шорохов А.Д., Щербакова А.В.

Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, e-mail: egorkriv71@mail.ru

В связи с увеличением конкуренции на международном рынке нефтепродуктов в среде непрекращающегося ужесточения экологических норм и требований, основной задачей производства является увеличение глубины переработки различных видов сырья и снижение количества опасных побочных продуктов и потерь. Постепенное истощение запасов нефтей с низкой плотностью ставит задачи поиска альтернативных вариантов сырьевых источников. В качестве альтернативы разработке тяжелых нефтей с пониженным содержанием целевых компонентов предлагается к использованию остаток газовых конденсатных месторождений по причине преимущества группового и элементного состава над традиционными видами сырья. В статье приведен анализ перспектив переработки по масляному варианту газового конденсата. Заданные масляные фракции были получены перегонкой под вакуумом, произведена селективная очистка узких фракций, сделаны предложения по увеличению эффективности переработки, приведен сравнительный анализ селективной очистки с применением сорастворителя и без, рассмотрена возможность применения в промышленных условиях. Эксперименты проводились при различных температурных режимах и с варьируемой кратностью растворителя. Сделаны выводы о возможности применения заданного вида сырья в промышленном применении, приведен сравнительный анализ с показателями подобных процессов при применении других видов сырья (традиционно нефтяного и другого вида газового конденсата).

Ключевые слова: селективная очистка, базовые масла, сорастворитель, газовый конденсат, индекс вязкости, глубина нефтепереработки, остаток переработки, кратность растворителя

THE INVOLVEMENT OF THE RESIDUE OF THE GAS CONDENSATES IN THE PRODUCTION OF LUBRICANTS

Artukhov S.A., Krivenko E.S., Shorokhov A.D., Sherbakova A.V.

Military Innovation Technopolis, Anapa, e-mail: egorkriv71@mail.ru

Due to the increase in the competition in the international market of oil products in the environment of continuous toughening of environmental standards and requirements, the main objective of production is increase in depth of processing of different types of raw materials and decrease in quantity of dangerous by-products and losses. The gradual depletion of low-density oil reserves sets the task of finding alternative raw material sources. As an alternative to the development of heavy oils with a lower content of target components, it is proposed to use the remainder of gas condensate fields because of the advantages of group and elemental composition over traditional types of raw materials. The analysis of prospects of processing by oil option of gas condensate is provided in article. The set oil fractions have been received by distillation under a vacuum, selective cleaning of narrow fractions is made. offers on increase in efficiency of processing are made, the comparative analysis of selective cleaning with application of a sorastvoritel is provided and without, the possibility of application in industrial conditions is considered. Experiments were made at various temperature conditions and with the varied frequency rate of solvent. Conclusions about the possibility of using a given type of raw material in industrial applications are made, a comparative analysis is given with indicators of similar processes when using other types of raw materials (traditionally oil and other types of gas condensate).

Keywords: selective purification, base lubricants, co-solvent, gas condensate, viscosity index, depth of oil refining, residue of refining, ratio of solvent

По итогам международных сделок ОПЕК+, добыча нефти в России неуклонно снижается. Для поддержания доходов, а также для загрузки промышленных мощностей существующих и перспективных заводов по переработке рассматривается возможность применения газовых конденсатов [1].

Постепенный рост продаж автомобилей, а также наращивание индустриальных мощностей, а также большой процент износа оборудования на предприятиях предполагает устойчивый спрос на различные смазочные материалы. Производство масел в России представлено на рис. 1 [2].

Нефтяные масляные фракции, полученные вакуумной перегонкой, имеют в своем составе множество нежелательных веществ, таких как смолы и асфальтены. Для повышения глубины и качества переработки вакуумных дистиллятов применяются растворители (например, пропан) в сверхкритическом состоянии. При этом обеспечивается четкое разделение индивидуальных групп углеводородов в зависимости от их растворимости, процесс отделения может происходить при помощи сети последовательных сепараторов, в каждом из которых будет последовательно снижаться давление. Помимо четкости разделения, наблюдается значительная экономия оборотных ресурсов, таких как вода, пар и электроэнергия, от 20 до 50 %, что в масштабах производств является значительной цифрой.

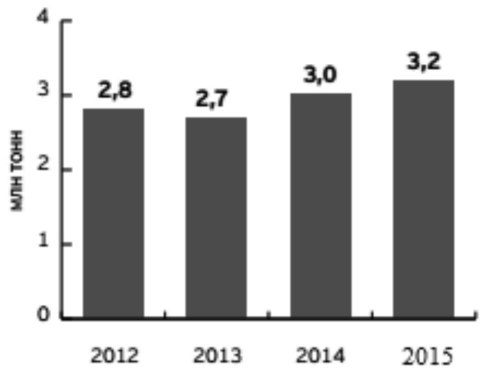


Рис. 1. Диаграмма производства смазочных масел в России

Блок-схема процесса разделения представлена на рис. 2.

Газовый конденсат является углеводородным сырьем с повышенным отбором светлых фракций (порядка 75%). Газовые конденсаты из-за логистических проблем и отсутствия предприятий целевой направленности применяются в смеси с нефтью в качестве сырья для перегонки. Известно, что отдаленные нефтеперерабатывающие заводы обладают низкой глубиной переработки, так как являются ориентированными исключительно на бензиновый вариант, фактически сводя на нет достоинства газового конденсата как сырья. При этом остаток атмосферной перегонки, фракции 350+ °С находят свое применение исключительно в качестве котельного и судового топлива, что не является рациональным. Особенность остатков газовых конденсатов: низкая коксуемость и практически полное отсутствие металлорганических соединений, отравляющих катализаторы вторичной переработки и негативно влияющие на выход целевых продуктов и общий пробег установки, что делает газовые конденсаты ценным сырьем для вторичных процессов, что приведет к увеличению глубины переработки и повышению маржинальности установок [3].

Одним из вариантов применения остатков переработки газовых конденсатов является получение узких масляных фракций.

Цель исследования: изучение перспективы применения остатка вакуумной перегонки газового конденсата южных месторождений в процессе получения базовых масел I группы по классификации API посредством селективной очистки узких фракций селективными растворителями

Материалы и методы исследования

Первоначально полученный остаток газового конденсата подвергался разгонке на аппарате АРН-2 для получения масляных фракций: II фракция (300–400 °С), III фракция (350 °С), IV фракция (420–500 °С) и остаток 500+ °С. Схема установки представлена на рис. 3.

Для анализа возможности применения их в виде сырья подвергался исследованию групповой состав сырья для определения количества целевых высокоиндексных компонентов с помощью метода жидкостной хроматографии, основанного на эффекте вытеснения компонентов из силикагеля при десорбции.

Результаты анализа представлены в табл. 1.

Процесс селективной очистки проводят при температурах ниже критических значений для данного вида сырья на 15–20 °С. Определение критической температуры растворения проводили с помощью двустенной пробирки, термометра, металлической мешалки. Нагревание до нужных температур проводилось в глицериновой бане. По температуре помутнения раствора фракция: растворитель определялась критическая температура для каждого соотношения.

Результаты эксперимента представлены на рис. 4.

Селективная очистка проводилась с помощью реактора с мешалкой и рубашкой постоянного подвода тепла. Для регулирования температуры использовался водяной термостат, для промывки полученных рафинатов использовалась предварительно подогретая вода на электрической плитке до температур порядка 70–80 °С.

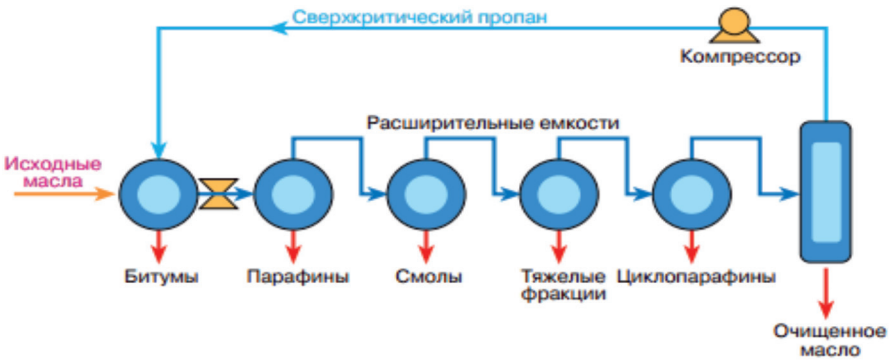


Рис. 2. Деасфальтизация масел

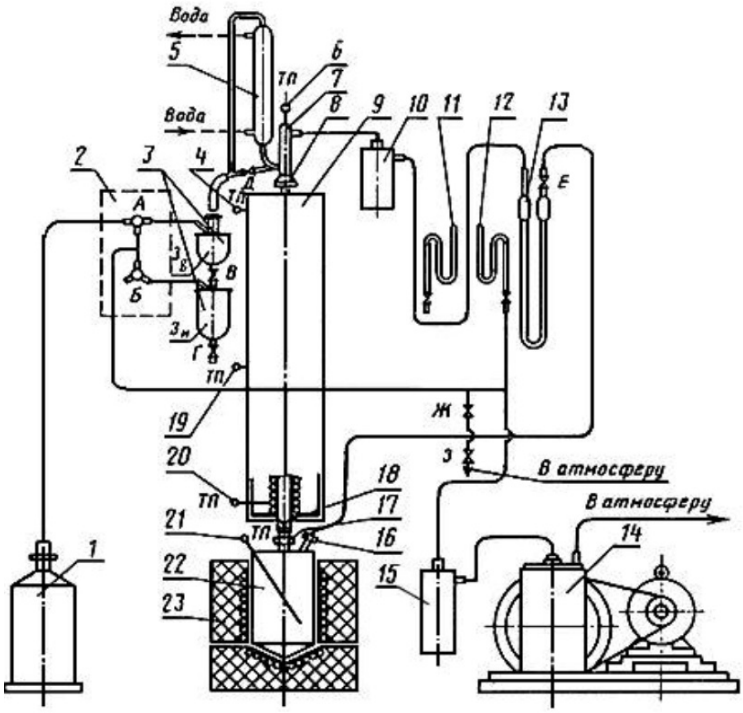


Рис. 3. Технологический блок аппарата АРН-2: 1 – буферная емкость; 2 – манифольд; 3 – приемники; 4, 6, 19, 20, 21 – термопары; 5 – обратный холодильник; 7 – конденсатор; 8, 17 – накидные гайки; 9 – ректификационная колонка; 10, 15 – ловушки; 11, 12 – ртутные вакуумметры; 13 – дифференциальный манометр; 14 – вакуумный насос; 16 – трубка; 18 – решетка; 22 – кубик; 23 – печь; А – кран трехходовой; Б – полулунный кран; В, Г, Д, Ж, Е – краны; З – кран

Таблица 1

Групповой химический состав масляных фракций

Группы	II фракция 300–400 °С, %	III фракция 350–420 °С, %	IV фракция 420–500 °С, %	Остаток, %
Парафино-нафтеновые	55,1	50,1	40,2	33
Легкие арены	4,7	5,1	5	6,5
Средние арены	10,8	13,1	16,8	24
Тяжелые арены	26,7	28,3	33,4	31
Смола I	2,5	3,4	4,6	5,5

Результаты исследования и их обсуждение

Высокоиндексными целевыми компонентами в маслах являются изопарафины и циклоалканы. Для данного вида газового конденсата получить базовые моторные масла с высоким выходом методом селективной очистки невозможно по причине значительного содержания тяжелой ароматики [4, 5].

В процессе селективной очистки с экстрактом теряется часть целевых компонентов, одновременно с этим возможно содержание нежелательных веществ в рафинате, снижающих его качество. В статье рассматривается один из вариантов оптимизации технологического процесса селективной очистки N-метилпирролидоном изопропиловым спиртом [6].

Сорастворителя использовалось ограниченное количество (5–7% по массе), чтобы понижение количества основного растворителя не отражалось на качестве целевых рафинатов. В растворах небольших концентраций изменяются свойства основного раствора, обретая черты, нетипичные для двух чистых веществ. Изопропиловый спирт менее полярен, его применение снижает количество увлекаемых нафтенов, что

повышает индекс вязкости и снижает показатель преломления – основные свойства рафинатов масляных фракций. Материальный баланс и свойства полученных рафинатов в процессе селективной очистки приведены в табл. 2.

Температура процесса была подобрана исходя из анализа критической температуры растворения, которая оказалась для данного вида сырья низкой (порядка 90 °С) из-за большого содержания ароматических компонентов, так как задача была получить рафинаты с оптимальным балансом показателей качества и выхода, температура была выбрана немного ниже предельных значений. Дальнейшее повышение температуры приводит к повышению взаимной растворимости компонентов, поэтому будет наблюдаться снижение показателей выхода при незначительном улучшении качественных свойств [7].

Графическое представление зависимости индекса вязкости от кратности растворителя приведено на рис. 5.

Выводы

Наблюдается повышение индекса вязкости при применении сорастворителя. Показатели выхода сопоставимы с аналогичными процессами с использованием нефтяных фракций, при этом показатели качества заметно улучшаются. При селективной очистке других газовых конденсатов возможны более высокие выходы за счет более низкого содержания ароматических веществ. Сравнительный анализ представлен в табл. 3.

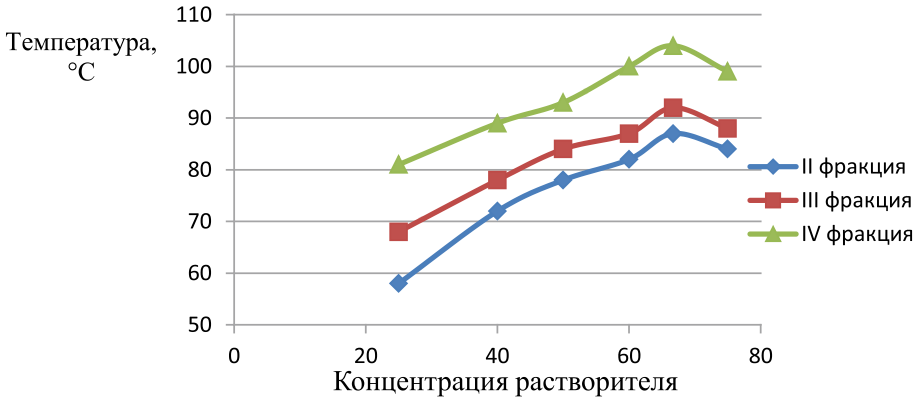


Рис. 4. Кривые критических температур растворения для фракций

Таблица 2

Материальный баланс и результаты анализа процесса селективной очистки для III фракции остатка газового конденсата при различных режимах с изопропанолом

Соотношение растворителя к сырью	1,5:1	1,5:1	2:1	2:1	2,5:1	2,5:1
Температура процесса, °С	60	60	60	60	60	60
Взято: Сырьё, г Растворитель, г Спирт (изопропанол), г	 100 150 –	 100 135 15	 100 200 –	 100 180 20	 100 250 –	 100 225 25
Получено: – Рафинат, г – Экстракт, г	 45 55	 44 54	 41 59	 41 59	 38 62	 40 60
Плотность при температуре 20 °С, г/см^3	0,8876	0,8826	0,8767	0,8688	0,8720	0,8654
Вязкость при 40 °С, мм^2/с	16,16	15,98	16,01	15,76	15,58	15,51
Вязкость при 100 °С, мм^2/с	3,59	3,60	3,63	3,67	3,64	3,66
Индекс вязкости	103	107	110	119	119	123
Показатель преломления при 50 °С	1,4822	1,4803	1,4797	1,4764	1,4770	1,4741
Температура текучести, °С	31	31	32	33	33	34
Температура застывания, °С	29	29	30	31	31	32
Содержание серы, % мас.	1,382	1,351	1,275	1,245	1,255	1,231

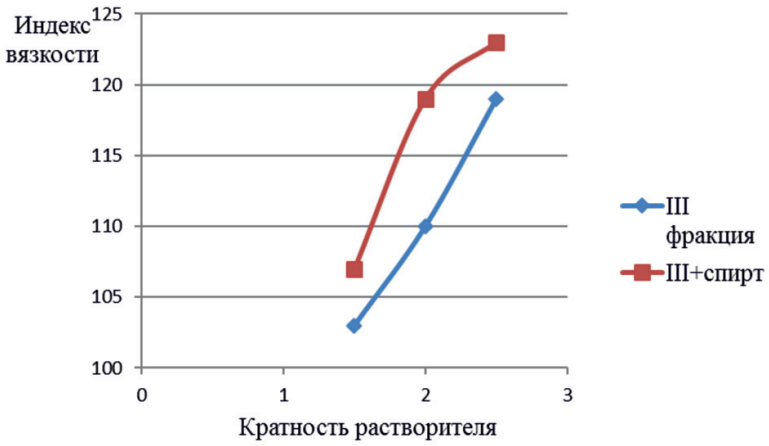


Рис. 5. Зависимость индекса вязкости рафинатов III фракции от кратности растворителя при 60 °С

Таблица 3

Сравнительный анализ рафинатов нефтяного и газоконденсатного происхождения

Показатель	III Фракция НП	III Фракция ГК	IV Фракция НП	IV Фракция ГК
Выход, %	40	58	38	45
ρт, г/см^3	0,8951	0,8686	0,8993	0,8820
Индекс вязкости	87	94	104	114
Показатель преломления	1,4903	1,4818	1,4911	1,4887
Температура застывания, °С	29	23	32	38
Содержание серы, % мас.	0,824	1,156	1,122	1,231

Применение данного остатка газового конденсата возможно в качестве компонента сырья селективной очистки масляных фракций, однако ввиду большого количества смол и тяжелых аренов в составе фракций обосновано применение для получения смазочных масел гидравлических систем, к которым выдвигаются требования не такие жесткие, как к моторным. Из-за высокого содержания серы в качестве процесса депарафинизации целесообразно применять процессы гидроизомеризации, что будет приводить к снижению содержания гетеросоединений без потери качества.

Список литературы

1. Бакунин В.Н., Золотов В.А., Буяновский И.А., Золотов А.В. Анализ эффективности экофункциональных присадок и их пакетов к моторным маслам // Трение и смазка в машинах и механизмах. 2009. № 8. С. 42.

2. Арутюнян Г., Борисов Д., Логинова Ю. Обзор российского рынка смазочных материалов [Электронный ресурс]. URL: https://ru.investinrussia.com/data/files/EY-russian-lubricants-market-rus.pdf (дата обращения: 24.01.2019).

3. Пыхалова Н.В., Рамазанова А.Р., Кайралиева А.И. О способах углубления переработки газоконденсатного сырья // Вестник АГТУ. 2005. № 6. С. 89–93.

4. Тараканов Г.В. Глубокая переработка газовых конденсатов. Астрахань: Факел, 2007. 276 с.

5. Ярмолюк Б.М., Антонов В.Н., Юдина В.В., Любинин И.А. Современные моторные масла проблемы, тенденции, перспективы (обзор) // Мир нефтепродуктов. 2012. № 12. С. 14–19.

6. Каюкова Г.П., Петров С.М., Романов Г.В. Применение гидрогенизационных процессов для получения белых масел из тяжелой нефти Ашальчинского месторождения // ХТТМ. 2012. № 4. С. 9–15.

7. Кривенко Е.С., Хазиев Д.Ф., Исхаков И.И., Азнабаев Ш.Т. Возможности модернизации процесса селективной очистки базовых масел при помощи полярных сорастворителей // Наука и инновации в XXI веке: актуальные вопросы, открытия и достижения: материалы VIII Международной научно-практической конференции. Пенза: МЦНС «НАУКА И ПРОСВЕЩЕНИЕ», 2018. С. 104–106.

УДК 665.614:665.6/.7

ИССЛЕДОВАНИЕ РАСТВОРИМОСТИ АСФАЛЬТО-СМОЛО-ПАРАФИНОВЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НЕФТЯНЫХ РЕЗЕРВУАРОВ В ТЕХНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЯХ

Баталина Л.С., Сафин В.А., Вищуренко А.А., Бурюкин Ф.А., Ваганов Р.А.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: alieva.79@mail.ru

Асфальто-смоло-парафиновые отложения (АСПО) в нефтяных резервуарах являются существенным осложнением при их эксплуатации, так как за счет их накопления существенно снижается полезный объем, а также возникают благоприятные условия для коррозии. С целью подбора оптимального растворителя-удалителя для удаления АСПО из резервуара для хранения нефти нефтеперерабатывающего завода, перерабатывающего западносибирскую товарную малосернистую нефть, проведены экспериментальные исследования по оценке эффективности алифатического (гексан), ароматического (толуол) технических растворителей и их смеси в соотношении 1:1. Выполнен анализ технических характеристик АСПО, таких как температура плавления, содержание воды, массовая доля механических примесей и прочие, определен групповой химический состав. Растворимость АСПО в технических растворителях определяли стандартным методом корзинок при температурах 10, 25, 35, 45, 60 °С в статических условиях и при перемешивании. Установлено, что исследуемый образец АСПО относился к смешанному типу. Наиболее эффективным для удаления АСПО исследованного состава является смесевой растворитель, содержащий как алифатический, так и ароматический компонент. Определены кинетические показатели растворения АСПО. Показаны зависимости эффективности растворения АСПО при различных температурах в статических и динамических условиях. Определено оптимальное время воздействия растворителя на АСПО при оптимальной температуре обработки.

Ключевые слова: асфальто-смоло-парафиновые отложения (АСПО), растворение, удаление, гексан, толуол, температура

STUDY OF THE SOLUBILITY OF ASPHALT-RESIN-PARAFFIN DEPOSITS OF OIL TANKS IN THE TECHNICAL SOLVENTS

Batalina L.S., Safin V.A., Vischurenko A.A., Buryukin F.A., Vaganov R.A.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: alieva.79@mail.ru

Asphalt-resin-paraffin deposits (ARPD) in oil tanks are a significant complication of their use. With accumulation of sediment reduces the useful volume of the tank and corrosion occurs. The article presents the results of experiments on the choice of the most effective solvent for ARPD from the oil storage tank of an oil refinery that processes West Siberian marketable low-sulfur oil. Aliphatic (hexane), aromatic (toluene) technical solvents and their mixture in a 1: 1 ratio were used. The analysis of technical characteristics of ARPD, such as melting point, water content, mechanical impurities, etc., was determined. The group chemical composition was determined. The solubility of paraffin wax in technical solvents was determined by the standard «basket method» at temperatures of 10, 25, 35, 45, 60 °C under static conditions and with stirring. It is established that the studied sample ARPD was of mixed type. The most effective for removal of paraffin of the investigated composition is a mixed solvent containing both aliphatic and aromatic component. The kinetic indicators of ARPD dissolution are determined. The dependences of the efficiency of dissolving ARPD at different temperatures in static and dynamic conditions are shown. The optimal time of exposure of the solvent to ARPD at the optimum treatment temperature is determined.

Keywords: asphalt-resin-paraffin deposits (ARPD), dissolution, removal, hexane, toluene, temperature

Хранение нефти в нефтезаводских резервуарах сопряжено с необходимостью решения ряда технологических проблем, одной из которых является необходимость периодической зачистки от асфальто-смоло-парафиновых отложений (АСПО). Накопление АСПО приводит к сокращению полезного объема резервуаров и способствует возникновению точечной коррозии. В широком смысле АСПО представляют собой твердую или мазеобразную массу от коричневого до черного цвета. По структуре АСПО является сложной дисперсной системой, в которой дисперсной фазой являются кристаллы твердых парафинов и асфальтены, а дисперсной средой – масла и смолы. Также АСПО содержат в себе эмульгированную воду с растворенными в ней солями, механические примеси. По химическому составу и физико-химическим свойствам отложения нефтяных резервуаров существенно различаются в зависимости от химического состава нефти, качества ее подготовки и условий хранения.

Технологии предотвращения образования отложений в емкостях базируются на дозировании в продукцию ингибиторов АСПО, в основе действия которых лежат межфазные процессы в нефтяных дисперсных системах (предотвращение образования крупных кристаллов парафинов, в основном за счет образования на поверхности кристаллов адсорбционного слоя) либо формирование условий для легкого удаления кристаллов с металлической по-

верхности оборудования через образование гидрофильных пленок. Несмотря на высокую эффективность ингибиторов АСПО на промыслах и в трубопроводном транспорте, применение их в стационарных условиях резервуарных парках хранения нефти нецелесообразно [1, 2].

Основными методами удаления АСПО из емкостей являются механическая зачистка либо горячая промывка с использованием растворителей-удалителей. В качестве удалителей используются индивидуальные органические вещества и их смеси с добавкой поверхностно-активных веществ, нефть и ее фракции, некоторые виды нефтехимической продукции, а также растворы на водной основе с добавкой ПАВ [1, 3]. Несмотря на широкое распространение данного метода в мировой практике, существует проблема подбора эффективных удалителей применительно к конкретным АСПО и условиям хранения. Как правило, подбор растворителей АСПО осуществляется эмпирически, либо на основе имеющихся у производителя или потребителей сведений об эффективности применения конкретного вещества.

Однако для выбора растворителя АСПО необходимо проведение специальных исследований по определению химического состава АСПО и оценке их эффективности в различных условиях.

Цель исследования: оценить эффективность растворителей различной природы (гексан, толуол и их смесь в соотношении 1:1) для разрушения АСПО западносибирской товарной нефти из нефтяных резервуаров нефтеперерабатывающего завода, а также предварительно определить оптимальные условия воздействия (температура, продолжительность) растворителя на АСПО.

Материалы и методы исследования

Для проведения исследований были отобраны образцы АСПО, извлеченные из резервуара для хранения нефти нефтеперерабатывающего завода, перерабатывающего западносибирскую товарную малосернистую нефть. Образцы представляли собой массу черно-коричневого цвета мазеобразной консистенции, однородную по структуре с характерным жирным блеском. Для образцов определили содержание воды по ГОСТ 2477, механических примесей по ГОСТ 6370, истинную плотность при 20 °С методом гелиевой пикнометрии и температуру плавления по методу Жукова по ГОСТ 4255.

Групповой химический состав АСПО определяли последовательным выделением парафинов и асфальтово-смолистых веществ из проб нефтепродуктов н-гексаном, экстракции и адсорбции их на силикагеле с последующей поэтапной десорбцией парафинов смесью толуола и нефраса и асфальтово-смолистых веществ спирто-бензольной смесью.

Результаты анализа АСПО представлены в табл. 1.

Таблица 1

Технический анализ образцов АСПО

Наименование параметра	Результаты
Содержание воды, % об.	0,3
Содержание механических примесей, % мас.	2,4
Плотность при 20 °С, г/см^3	1,0
Температура плавления, °С	39,0
Содержание, % мас.:	
смол	11,6
асфальтенов	5,4
твердых парафинов	18,7

Фракции нерастворимые в гексане и толуоле анализировали методом ИК-спектрометрии в Центре коллективного пользования СФУ «Наукоемкие методы исследования и анализа новых материалов, наноматериалов и минерального сырья». Спектры исследуемых образцов снимались на спектрометре Nicolet 6700 с использованием приставки Smart Orbit – ATR в диапазоне 4000–400 см$^{-1}$. Для анализа изготавливались таблетки с бромидом калия спектроскопической чистоты (предварительно прокаленного 4 ч при температуре 600 °С).

Изучение процесса растворения АСПО производили стандартным гравиметрическим методом («метод корзинок») [4] при температурах 10, 25, 35, 45, 60 °С в различных растворителях: гексане, толуоле и бинарной смеси, состоящей из гексана и толуола (ГТС) в соотношении 1:1. Исследования проводились в статистических условиях и в динамических условиях при перемешивании в лабораторном шейкере с частотой 100–120 Гц. Эффективность растворителя оценивалась по изменению массы отложений при взаимодействии с растворяемым веществом в течение 4 ч. Оптимальное время растворения АСПО в различных условиях проводили эксперименты при варьировании продолжительности растворения в диапазоне от 30 до 240 мин при температуре 45 °С [4–6].

Результаты исследования и их обсуждение

Результаты ИК-спектрометрии образца АСПО и выделенных из них фракций, нерастворимых в гептане и толуоле, представлены в табл. 2. Структурно-групповой состав определялся по интенсивности характеристических полос поглощения в ИК-спектрах с использованием общей базовой линии с фиксированными точками 1850 и 650 см$^{-1}$. Для средней молекулы оценивалось содержание метиленовых групп (CH_2) по полосе поглощения 720 см$^{-1}$, метильных групп (CH_3) полосе поглощения 1380 см$^{-1}$, сульфоксидных групп (SO) по полосе поглощения 1030 см$^{-1}$ и карбонильных групп (CO) в области 1720–1700 см$^{-1}$ относительно ароматических связей C=C-связей по полосе поглощения 1600 см$^{-1}$.

АСПО в отличие от прочих фракций, содержат парафино-нафтеновые углеводороды. Фракция, нерастворимая в толуоле,

содержит значительно больше минеральных веществ, чем в прочих образцах, а незначительное количество углеводородов, содержащихся во фракции, представлено высокоароматизированными соединениями. Фракция, нерастворимая в гептане (преимущественно, асфальтены), содержит наименьшее количество метильных групп и достаточно высоко ароматизирована, по сравнению с АСПО. Кроме того, все исследованные фракции АСПО содержали с своем составе фенольные гидроксильные группы, связанные водородными связями, на что указывает наличие дополнительных полос при более низких частотах (3550–3200 $см^{-1}$), чем для -ОН при уменьшении интенсивности поглощения «свободной» гидроксильной группы.

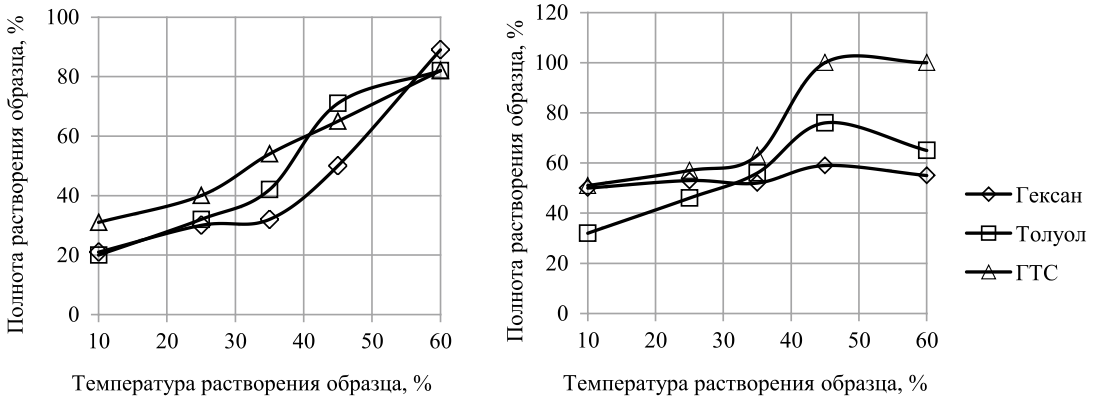
При экспериментах по определению растворимости АСПО, были получены следующие результаты.

На рис. 1 и 2 представлены результаты расчета полноты растворения образца АСПО и растворяющей способности [3, 7, 8] растворителей в тестируемых растворителях, при различных температурах, в статистических и в динамических условиях соответственно.

Таблица 2

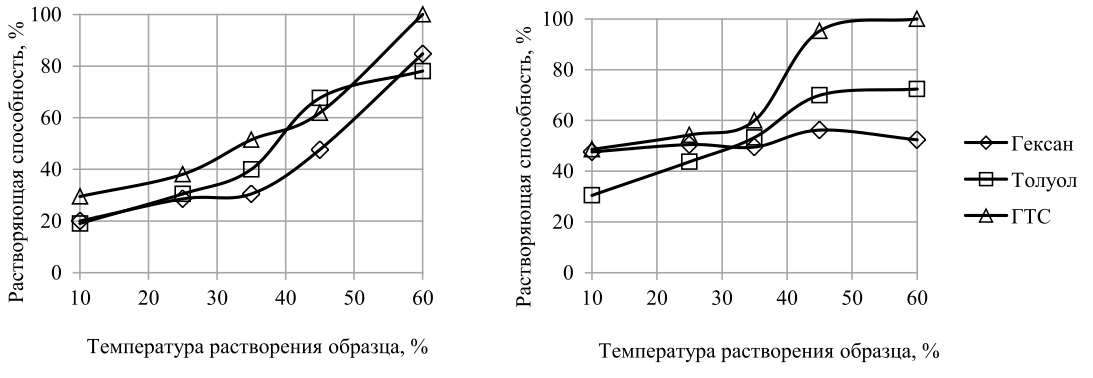
Спектральные коэффициенты фракций АСПО

Образец	Ароматичность (1600/1460)	Длина заместителя CH_3/CH_2 (2920/2850)
АСПО	0,13	1,36
Фракция, нерастворимая в гептане	0,51	1,15
Фракция, нерастворимая в толуоле	0,76	1,21



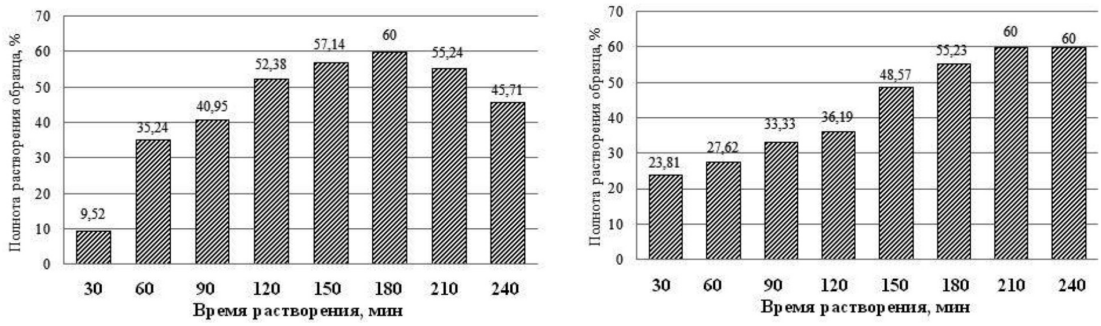
а) статические условия *б) динамические условия*

Рис. 1. Полнота растворения образца АСПО в статических условиях



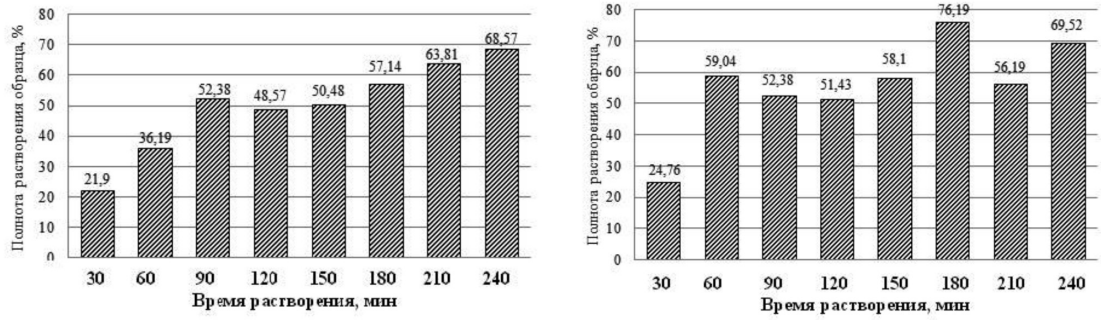
а) статические условия *б) динамические условия*

Рис. 2. Растворяющая способность растворителей



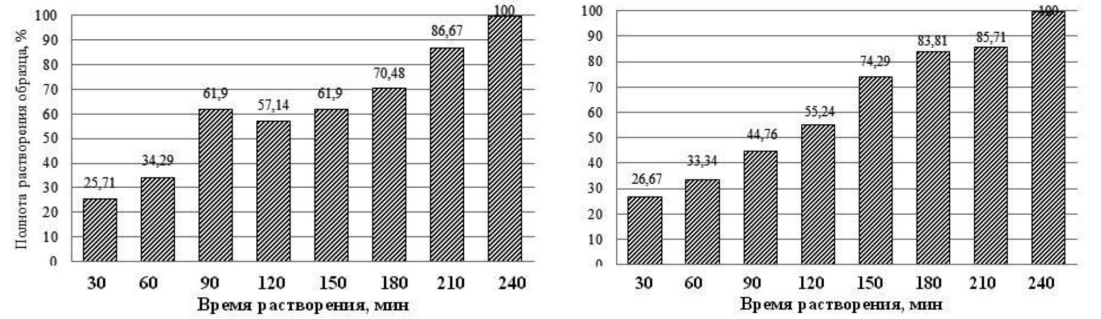
статические условия *динамические условия*

а) растворение в гексане



статические условия *динамические условия*

б) растворение в толуоле



статические условия *динамические условия*

в) растворение в ГТС

Рис. 3. Растворимость АСПО во времени

Известно, что процесс растворения АСПО включает два основных этапа: удаление связующего агента (в основном смолы) с оголением агломератов асфальтенов и парафинов, дальнейшее растворение которых зависит от состава растворителя. Исходя из полученных данных (табл. 1), исследуемый образец АСПО относится к смешанному типу.

Из графика эффективности растворения в статических условиях видно, что растворение АСПО при обработке любым из растворителей существенно зависит от температуры. При этом, в отличие от толуола и ГТС, для гексана характерно малое изменение растворимости при повышении температуры вплоть до температуры начала плавления АСПО. Для толуола характерно повышение растворимости до определённой точки, соответствующей 45 °С, что связано с явлением пересыщения раствора растворяемым компонентом. Указанный эффект сопровождается перегибом на кривой растворимости как при измерениях в статических, так и динамических условиях. Температурную зависимость растворения в толуоле и ГТС также подтверждают и ре-

зультаты, полученные при измерении растворимости в динамике. Обращает на себя внимание тот факт, что растворимость в гексане в динамических условиях практически не зависит от температуры. В целом повышение температуры растворения АСПО для динамических условий выше 45 °С нецелесообразно.

Для толуола максимум растворяющей способности приходится на 40–45 °С для статических условий, а для гексана и ГТС – максимум в условиях эксперимента не достигнут. Для динамических условий максимум для всех растворителей приходится на 40–45 °С.

Определив подходящий температурный режим растворения АСПО, был проведен эксперимент по установлению оптимального временного режима контакта растворителя с донными отложениями (рис. 3).

Анализ полученных данных показал, что растворение АСПО в исследуемых растворителях относится к классу реакций с максимальной начальной скоростью. В случае толуола и ГТС данный факт можно объяснить достаточно высокой химической активностью растворителей, а в случае гексана – влиянием температуры. Однако с повышением степени растворения скорость процесса плавно снижается, что связано с расходованием растворяемой массы.

С точки зрения экономической эффективности процесса воздействия растворителя-удалителя АСПО на донные отложения целесообразно ограничить продолжительность процесса минимальным временем, достаточным для эффективного растворения АСПО. Так, для гексана время в статических условиях можно ограничить 180 минутами, а в динамических – 210 минутами. Для толуола 210 минут в статике и 180 минут в динамике; для ГТС 240 минут и в статических, и в динамических условиях.

Заключение

Установлено, что АСПО нефтяных резервуаров для хранения товарной западносибирской малосернистой нефти относятся к смешанному типу. Экспериментально показано, что наиболее эффективным для их удаления является растворитель, содержащий как ароматические, так и алифатические углеводороды. Оптимальной температурой для удаления АСПО является 40–45 °С, продолжительность обработки – от 3 ч.

Список литературы

1. Николаев А.В., Диденко В.С. Подбор и оценка эффективности растворителей асфальтосмолопарафиновых отложений на этапе проектирования обустройства месторождений высокопарафинистых нефтей // Нефтепромысловое дело. 2014. № 4. С. 45–48.

2. Иванова М.С., Томский К.О. Использование нефраса в борьбе с АСПО в условиях Ireляхского месторождения // Труды РГУ нефти и газа (НИУ) имени И.М. Губкина. 2016. № 3 (284). С. 137–143.

3. Пильщиков В.Л., Еремина Ю.В., Цветков В.С., Пимерзин А.А., Швецов О.В., Белов О.А. Решение проблемы удаления и утилизации донных отложений из резервуаров хранения нефти НПЗ // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия Технические науки. 2015. № 3 (47). С. 188–194.

4. Ахметов А.Ф., Нуриазданова В.Ф., Герасимова Е.В. Лабораторная методика определения эффективности растворителей асфальто-смоло-парафиновых отложений (АСПО) // Башкирский химический журнал. 2008. Т. 15. № 2. С. 161–163.

5. Сладовская О.Ю., Башкирцева Н.Ю. Оценка эффективности растворителя для удаления асфальто-смоло-парафиновых отложений парафинового и асфальтенового типа // Вестник технологического университета. 2015. Т. 18. № 10. С. 88–90.

6. Иванова И.К. Исследование процесса растворения асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) в различных углеводородных системах для определения эффективности при удалении отложений // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. 2013. № 4. С. 20–23.

7. Иванова И.К., Шиц Е.Ю. Новый подход для оценки эффективности растворителей асфальтосмолопарафиновых отложений (АСПО) // Нефтепромысловое дело. 2011. № 1. С. 24–28.

8. Иванова И.К., Шиц Е.Ю., Калачева Л.П. Способ определения и оценки эффективности растворителей асфальтосмолопарафиновых отложений // Патент РФ 2520954. Патентообладатель Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт проблем нефти и газа Сибирского отделения Российской академии наук (ИПНГ СО РАН) 2013. Заявлено 12.03.2013, опубл. 27.06.2014.

УДК 712.25

ЭКОСТИЛЬ В ЛАНДШАФТНОМ БЛАГОУСТРОЙСТВЕ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА

[1]Вишневская Е.В., [2]Степанова Ж.Ю.

[1]ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, e-mail: ciliegia311@rambler.ru;

[2]ООО «Роща», Тольятти, e-mail: ajuga@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы комплексного решения задач по улучшению факторов городской среды, оказывающих положительное воздействие на здоровье, эмоциональное и социальное благополучие людей. Одним из важных моментов для решения проблемы ресурсосбережения территорий города является проведение анализа составляющих элементов данной технологии на основе применения природного озеленения (цветники, древесные и кустарниковые массивы) в современном благоустройстве. Обосновывается актуальность внутриквартальных скверов. Выдвигается новый эколого-ландшафтный подход к оформлению пришкольной территории. Он предполагает создание на пришкольном участке естественной, относительно устойчивой экосистемы. Рассматриваются внутриквартальные скверы как маленькие территории ботанических садов, коллекций или парков, имитирующих природные экосистемы, как предмет интереса любителей природы. Описывается концепция цветника, выполняющего ярко выраженную познавательную, информационную функцию, который является не только площадкой для демонстрации натурального, экологического стиля на основе растений, но и как инструмент для создания устойчивой ландшафтной структуры. Предлагаемая стилистика цветника поддерживает общую исторически-краеведческую направленность территории. Описывается направление озеленения территорий по системе BREEAM как нового экологического стандарта в проектировании и благоустройстве городских территорий с минимальными затратами ресурсов на посадку и уход за насаждениями. Проведенное исследование подчеркивает значение экостиля в предлагаемой интерпретации в решении задач по улучшению эстетических факторов среды, ресурсосбережения городских территорий.

Ключевые слова: экология, зеленая инфраструктура, садовая терапия, система BREEAM

ECOSTYLE IN LANDSCAPE IMPROVEMENT OF THE MODERN CITY

[1]Vishnevskaya E.V., [2]Stepanova Zh.Yu.

[1]Federal State Budgetary Edicational Institution of Higher Edication «Togliatti State University», Togliatti, e-mail: ciliegia311@rambler.ru;

[2]OOO «Grove», Togliatti, e-mail: ajuga@mail.ru

The article discusses issues of integrated problem solving in order to improve the factors of the urban environment that have a positive impact on people's health, emotional and social well-being. One of the important points for solving the problem of resource-saving areas of the city is to analyze the constituent elements of this technology based on the use of natural landscaping (flower gardens, tree and shrub massifs) in modern landscaping. The relevance of inner squares is justified. A new ecological-landscape approach to the design of school grounds is being put forward. It involves the creation of a natural, relatively sustainable ecosystem on the school grounds. Internal squares are considered as small territories of botanical gardens, collections or parks that imitate natural ecosystems as a subject of interest of nature lovers. The concept of a flower garden that performs a pronounced cognitive, informational function, which is not only a platform for demonstrating a natural, ecological style based on plants, but also as a tool for creating a sustainable landscape structure, is described. The proposed style of the flower garden supports the overall historical – local lore orientation of the territory. Describes the direction of landscaping areas on the BREEAM system as a new environmental standard in the design and improvement of urban areas with minimal resources for planting and planting care. The study emphasizes the importance of eco-style in the proposed interpretation in solving problems of improving the aesthetic factors of the environment, resource-saving urban areas.

Keywords: ecology, green infrastructure, garden therapy, BREEAM system

В век урбанизации и роста влияния антропогенного фактора на окружающую среду понятие «экология» приобрело особый смысл, вошло во все сферы человеческой деятельности, включая ландшафтный дизайн, превратившись в образ жизни и современный тренд.

«Экостиль», «естественный, природный», «натургарден» – названий у этого стиля много. Он прошел эволюцию от символичных пейзажных восточных садов, чопорных, выхолощенных английских, через «дикие сады» Робинсона и «новую волну» Удольфа, основанные на науке, к пермакультурному дизайну Моллисона и Хольцера, основанному на этике.

Нет ничего предосудительного в столкновении природы и мегаполиса [1]. Природные элементы вносят непринужденный характер, неожиданные фактуры в условия однообразной городской архитектуры и ограниченной перспективы, положительно влияют на эмоциональное, физическое, психологическое и интеллектуальное состояние жителей городов [2].

Элементы природного озеленения (цветники, древесные и кустарниковые массивы) в современном благоустройстве осуществляют не столько декоративную функцию, сколько участвуют в построении общей «зеленой инфраструктуры» урбанизированной среды. «Зеленая инфраструктура» определяется как связанная система различных зеленых пространств: от «диких» природных территорий до «окультуренных», таких как сельскохозяйственные территории пригорода, городские парки, скверы. Предполагает непрерывную связь между ними и беспрепятственное движение в ней различных видов животных и растений, присущих данной местности, призванной благоприятно влиять на качество жизни населения [3].

Острова зеленых насаждений, внедрённые в бетонное урбанистическое пространство, являются проводниками свежего воздуха, охлаждают, защищают от пыли и шума. Развитие городской среды в плане уплотнения застройки привело к тому, что она постепенно теряет свои компенсаторные возможности. Восполнить эту потерю предлагается за счет внутриквартальных скверов, которыми, в отсутствие оных, могут стать общеобразовательные и иные (музыкальные и пр.) учреждения, места массового посещения жителей, дворовые территории, территории современных торгово-развлекательных центров.

Цель исследования: определение возможности практического использования экологического стиля в условиях урбанизированной среды.

Материалы и методы исследования

Предмет исследования – качественное изменение характеристик экостиля в направлении ресурсосбережения открытых пространств современного города.

Решение поставленных задач определяется на основе изучения и анализа, выявления, определения и выделения приоритетов комбинаторных подходов в реализации внедрения зеленых технологий в городскую среду. В работе по решению задач исследования применены общетеоретические методы исследования.

Результаты исследования и их обсуждение

В условиях дефицита парковой растительности все больше специалистов, представителей общественных и профессиональных сообществ выступают с призывом о необходимости придания нового смысла территориям городского ландшафта специального назначения, таким, например, как пришкольные участки.

По мнению психологов, территория общеобразовательной школы как единственное место в микрорайоне, пригодное для культурного времяпрепровождения, не должна обособляться в общественном пространстве города, быть закрытой и недоступной. Необходимо отметить, что в последнее время активно формируется социальный запрос на разработку данной тематики, создания проектных работ по освоению данных территорий от заинтересованного контингента (сотрудники и учащиеся СОШ, жители микрорайона). Выдвигается новый эколого-ландшафтный подход к оформлению пришкольной территории. Он предполагает создание на пришкольном участке естественной, относительно устойчивой экосистемы, а также придание дизайну научно-познавательного смысла [4].

Можно говорить об образовательном и экологическом дизайне как очевидной стороне экологического стиля. Территории ботанических садов, коллекций или парков, имитирующих природные экосистемы, становятся предметом интереса любителей природы. На основании представленных ландшафтов и специального подбора растений посетитель может составить представление о природных комплексах той или иной территории, устройстве экологических сообществ. Эти знания необходимы для формирования общей картины мира, а также могут быть использованы в практических целях.

В 2017 г. при Музее истории Томска был создан цветник из растений местной, аборигенной флоры. Цветник разрабатывали профессиональные ландшафтные дизайнеры, а реализовывался он силами волонтеров (рис. 1).



Рис. 1. Пояснительная записка к проекту «Фитозона при Музее истории Томска»

Цветник выполнен в натуральном, экологическом стиле, растения снабжены табличками с указанием названия на русском и латинском языках. Сами растения являются представителями местной, аборигенной флоры.

Проект занял призовое место в номинации «Общественная территория» на XVI Профессиональном Конкурсе ландшафтных архитекторов, дизайнеров и строителей «Ландшафт Европа – Азия» в 2017 г. [5].

Сотрудники музея отмечают большой интерес жителей и гостей города к ландшафтной экспозиции. Цветник несет ярко выраженную познавательную, информационную нагрузку, служит площадкой, демонстрирующей возможности натурального, экологического стиля, где растения – простой инструмент для создания эффектного, устойчивого и экономичного дизайна. Такая концепция органично вписывается в оформление музейной территории и поддерживает общую исторически-краеведческую направленность объекта.

Более глобально идея экологического просветительского дизайна реализована в открывшимся, в 2017 г., парке «Зарядье», который сразу стал популярнейшим местом отдыха москвичей и гостей столицы. При этом парк выполняет не только рекреационную функцию, но, так же, немалую познавательную и научную задачу. Сообщества высаженных растений позиционируется как «ботанический заповедник» – коллекция, которая представлена видовым ассортиментом различных географических зон и биоценозов России.

Стоит выделить новое направление, реализуемое посредством использования ресурсов ботанических садов – садовая терапия. Это метод взаимодействия человека и природы. Находясь на территории крупных мегаполисов, ботанические сады могут являться не только научными, но социальными и оздоровительными центрами.

Так, Ботанический сад Иркутского университета на своей территории проводит учебно-производственные занятия для различных социальных групп молодежи, например: реабилитационную работу для трудных подростков, состоящих на учете в полиции.

Такие занятия являются хорошей поддержкой для подростков, способствуют их социализации в обществе. На детей благотворно влияет «сочетание психосоматической составляющей с образовательным, культурно-художественным и природно-эстетическим компонентами от пребывания в различных зонах сада» [6]. Именно во время таких занятий происходит закладка основ экологического мировоззрения.

Интерес представляет взаимодействие ботанических садов с местным населением, а именно садоводами, огородниками, в консультировании, размножении и интродукции новых видов садовых и декоративных растений.

Применение экостиля в урбанистическом пейзаже – эффектный метод ландшафтного дизайна «новой волны». Море шуршащих злаков и других «диких» растений среди небоскребов создают ощущение, будто природа наступает на город и отвоевывает территорию [1]. Заброшенные заводы, пустыри, старые железнодорожные ветки можно превратить в рекреационные объекты, используя простой, но гениальный метод комбинаторных посадок.

Унылые спальные районы с ограниченным бюджетом могут быть преобразованы при помощи местных, аборигенных видов злаковых и цветущих растений (рис. 2).



Рис. 2. Озеленение спального района Стокгольм, Голландия

В профессиональном сообществе не утихают споры по поводу использования приемов «удольфианских цветников» в дизайне отечественных территорий (рис. 3).



Рис. 3. Природные цветники, двор в Новой Москве, Россия

У практиков вызывают сомнение теория всесезонной декоративности таких цветников (климатические условия), их экономичность в плане устройства и содержания. Тем не менее все более широкое распростране-

ние получают посевные цветники, в состав которых входят однолетние и многолетние цветочные и злаковые культуры, способные к самосеву и самовосстановлению, а также такие, от которых можно легко получить посевной материал для самостоятельного высева на следующий год (рис. 4).



Рис. 4. Посевные цветники в Wunderpark, Москва

Ассортимент таких растений довольно велик: садовые космея (лат. *Cosmos*) и нивяник (лат. *Leucanthemum*), лекарственные календула (лат. *Caléndula*), мята (лат. *Méntha*), тысячелистник (лат. *Achilléa*), эхинацея (лат. *Echinácea*), сельскохозяйственные травы донник (лат. *Melilótus*), эспарцет (лат. *Onobrýchis*), лен (лат. *Línum*), а также многочисленные злаковые культуры, кормовые и декоративные травы.

Как утверждает известный ландшафтный дизайнер и специалист по созданию естественных садов Игорь Сафиуллин: «За посевными цветниками – будущее». Они относительно легки в устройстве и содержании и, что немаловажно, экономичны с точки зрения финансовых и энергетических затрат, по сравнению с посадочными цветниками.

Во второй половине XX в. сформировалась система «умного дизайна» – пермакультурный дизайн, или пермакультура (от англ. permaculture – permanent agriculture – «Постоянное сельское хозяйство»). Пермакультура – это система дизайна, основанная на использовании взаимосвязей из природных экосистем. Отдельные элементы пермакультурного дизайна широко известны и могут применяться как самостоятельные. Например, «лесосад» или «пищевой лес» – это многоярусная, многолетняя поликультурная система, состоящая из самых разных растений, взаимодействующих в симбиозе друг с другом и с окружающей природной средой [4].

Пермакультура – это дизайн преимущественно для сельскохозяйственных территорий. Однако его принципы и элементы могут с успехом применяться (и применяются) в системе городского благоустройства в различных социальных проектах. Например, разработана стратегия выращивания продуктов питания в городах, на мини-фермах, расположенных прямо во дворах или крышах на окраине или даже в центре мегаполиса [7] (рис. 5).



Рис. 5. Пермакультурная миниферма в городе

Международные экологические стандарты BREEAM пришли в Россию вместе с иностранными девелоперами. Дизайн зданий и сооружений по системе BREEAM диктуется энергоэффективными нормами и энергосберегающими технологиями. В современных условиях большое значение приобретает проблема открытых городских пространств, в которых сохранена природная основа ландшафта. Озеленение территорий по системе BREEAM предусматривает минимальные затраты ресурсов на посадку и уход за насаждениями. К использованию, по данной технологии, рекомендуются местные, аборигенные виды растений, неприхотливые засухоустойчивые суккуленты. Газоны представляют собой естественный травостой с луговыми и степными травами. Полив растений осуществляется из природных источников, талыми и ливневыми водами.

В современных условиях большое значение приобретает проблема таких открытых пространств, в которых сохранена природная основа ландшафта [8].

Применение стандартов BREEAM и других зеленых технологий в городской структуре позволяет сформировать уникальные пространства в центре спальных районов. Результаты исследования показали возможность практического применения такого дизайна на основе научного подхода в организации общественного пространства территории в экологическом стиле на примере ТЦ «Акварель» в г. Тольятти. В 2018 г. на территории торгового центра решены

некоторые задачи внедрения теоретического исследования: заложен первый посевной цветник, открыт детский образовательный лекторий экологической направленности.

Заключение

Таким образом, дизайн урбанизированных территорий в экологическом, природном стиле позволит придать новое значение привычным объектам: школьным и внутридворовым территориям, общественным пространствам внутри жилой застройки и местам массового посещения жителей. Стратегически дизайн может принимать различные формы: бюджетные посевные цветники из местных, неприхотливых видов и даже сельскохозяйственных растений, небольшие пермакультурные мини-фермы, обучающие площадки экологической или реабилитирующей направленности, которые способны органично вписаться в инфраструктуру и бюджет современного города.

Следует также понимать, что экостиль в ландшафтном дизайне городских территорий осуществляет все меньше ранее определенную ему декоративную функцию. Основное место занимает практическая значимость экостиля в городской среде: улучшения факторов среды, ресурсосбережения, оказание положительного воздействия на здоровье, эмоциональное и социальное благополучие людей.

Список литературы

1. Frolova E. Сады Пита Удольфа: новая волна ландшафтного дизайна // Клуб любителей дачи. 2016. [Электронный ресурс]. URL: https://7dach.ru/FrolovaEkaterina/sady-pita-udolfa-novaya-volna-landshaftnogo-dizayna-93476.html (дата обращения: 28.02.2019).

2. Сизых С.В., Кузеванов В.Я., Белозерская С.И., Песков В.П. Садовая терапия: использование ресурсов ботанического сада для социальной адаптации и реабилитации. Справочно-методическое пособие. Иркутск: Изд-во Иркутского государственного университета, 2006. 48 с.

3. Подойницына Д.С. Критический анализ концепции зеленая инфраструктура. 2016. № 34 (1). [Электронный ресурс]. URL: http://www.marhi.ru/AMIT/2016/1kvart16/pod/abstract.php (дата обращения: 16.01.2019).

4. Степанова Ж.Ю. Дизайн средней образовательной школы в концепции устойчивого развития территорий // Студенческие дни науки в ТГУ: научно-практическая конференция (Тольятти, 2–27 апреля 2018 года): сборник студенческих работ. Тольятти: Изд. ТГУ, 2018. С. 81–84.

5. Управление культуры [Электронный ресурс]. URL: http://www.admin.tomsk.ru/db3/docs/2018040614 (дата обращения: 16.01.2019).

6. Кузеванов В.Я., Мартынова Н.А. Ботанический сад как многофункциональный научно-образовательный ресурс в байкальском регионе // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 2–1 [Электронный ресурс]. URL: http://science-education.ru/ru/article/view?id=21224 (дата обращения: 12.02.2019).

7. Билл Моллисон. Введение в Пермакультуру. [Электронный ресурс]. URL: http://ecoschool.by/wp-content/uploads/2016/03/vvedenie_permaculture.pdf (дата обращения: 12.02.2019).

8. Барсукова Н.И., Вишневская Е.В. Методология дизайн-проектирования как основа комплексной организации открытых пространств урбанистической среды // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 5 (180). С. 122–123.

УДК 621.38

МОЛЕКУЛЯРНЫЕ АСПЕКТЫ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ КВАНТОВОГО КОМПЬЮТЕРА

Воронов В.К., Дударева О.В.

Иркутский национальный исследовательский технический университет, Иркутск, e-mail: voronov@istu.edu.ru

Проведен анализ публикаций по проблеме создания квантового компьютера. На этом основании отмечаются те трудности принципиального характера, которые предстоит преодолеть на пути создания квантового компьютера. Описана блок-схема электронного устройства на основе априори визуализованных квантовых, в том числе перепутанных, состояний кубитов. Устройство включает блок, содержащий, по меньшей мере, 10^{10} нанотриггеров, выполняющих роль кубитов – битов квантового счета, созданных с использованием нанолент графена и управляемых специальным элементом. Такой элемент является действующей по принципу самоорганизации квантовой точкой с двумя существенно различными по магнитным свойствам состояниями. Квантовая точка создается на основе вещества, для молекул которого характерна внутримолекулярная перегруппировка. При этом из нанотриггеров формируются обладающие свойством обратимости логические блоки или вентили по три триггера для выполнения логических операций. Предлагаемое устройство представляет собой встраиваемый в классический компьютер дополнительный электронный блок, обеспечивающий возможность реализации вычислительного процесса в соответствии с требованиями положений квантовой физики. Предлагаемый блок квантового счета может подключаться такими же способами, как это делается по отношению к дополнительным устройствам современных ЭВМ.

Ключевые слова: квантовый процессор, нанотриггер, самоорганизованная квантовая точка, вентиль Тоффоли

MOLECULAR ASPECTS OF THE PROBLEM CREATION OF QUANTUM COMPUTER

Voronov V.K., Dudareva O.V.

Irkutsk National Research Technical University, Irkutsk, e-mail: voronov@istu.edu.ru

The works dedicated to a problem of the quantum computer design have been analyzed. On this basis, highlights those difficulties of principle, to be overcome on the path to creating a quantum computer. A model of the electronic device on the basis of a priory visualized quantum states of q-bits is offered. The device consists of the block containing, at least, 10^{10} nanotriggers, which play a role of q-bits (the bits of the quantum calculation), obtained using graphene nanoribbons and operated by a special element. Such element represents a self-organizing quantum dot with two states having different magnetic properties. The quantum dot is created on the basis of compounds, which molecules are characterized by the intramolecular rearrangement. Besides, nanotriggers are employed to form reversible logical blocks or gates consisting of three triggers performing logical operations. The offered device is an additional electronic block, which is built in the classical computer that enables computation process according to the ideas of quantum physics.

Keywords: quantum processor, nanotrigger, self-organizing quantum dot, Toffoli gate

Теоретические успехи в решении проблемы квантовых компьютеров основывались на идее использования физических процессов, которые обеспечивали бы выполнение логических операций, аналогичных таковым в классических компьютерах. При этом предполагалось, что использование специфики квантовых объектов позволит улучшить технику расчета, но не изменит принципиально его суть. Казалось, что в результате были найдены необходимые условия, выполнение которых и должно вскоре обеспечить успешную экспериментальную реализацию идеи создания квантового компьютера. Тем более, что этапная работа Шора обозначила круг реальных задач, решение которых возможно только с использованием квантовых компьютеров. Уверенность в скором создании квантовых компьютеров в немалой степени была обусловлена и тем, что уже в 1998 г. появились работы, в которых сообщалось о реализации элементарного квантового алгоритма с помощью двух q-битов на основе явления ядерного магнитного резонанса (ЯМР). В 2001 г. появилось сообщение о квантовом ЯМР-процессоре, содержащем семь кубитов, с помощью которого впервые был реализован (пока в элементарном варианте) алгоритм Шора. В упомянутом процессоре выполнение логических операций производилось с участием спинов ядер двух атомов углерода (^{13}C) и пяти атомов фтора (^{19}F). Роль элементарного процессора выполняла молекула комплекса железа с перфторбутадиеном. Следует также отметить серию работ, выполненных Дж. Джонесом с соавторами по отработке экспериментальных методик реализации операций над ЯМР-кубитами, в том числе ЯМР-клонирование (протоны), ([1] и приведенную там литературу).

Согласно законам квантовой физики, если система состоит из n двухуровневых q-битов (qubit), то ее состояние в общем случае представляет суперпозицию 2^n базовых состояний [2]. Даже в случае сравнительно небольшого значения $n = 10^2$ можно получить достаточно большой

$$2^n = 2^{100} \approx 10^{30} \quad (1)$$

математический информационный ресурс квантового компьютера. Именно отсюда вытекают основные преимущества квантового компьютера. В самом деле, в процессе записи числа, содержащего, скажем, n цифр, именно столько ячеек и будет занято из общего количества, равного 10^{30}. Остальные (не занятые) ячейки можно использовать для проведения параллельных вычислений.

Здесь необходимо подчеркнуть, что эти ячейки – не какие-то конкретные элементы схем и не магнитные участки (домены), на которые можно записать необходимую информацию. Речь идет о собственных значениях оператора физической величины, характеризующей данную систему q-битов, которые, согласно законам квантовой механики, можно определять с той или иной степенью вероятности. В определенном смысле речь идет о большом наборе виртуальных по своей доступности ячеек, использование которых далеко не очевидно. Это одна из принципиальных проблем. Далее, после того как в эти ячейки будет занесена информация (например, цифровая), ими необходимо как-то управлять с целью выполнения вычислительных операций. И, наконец, необходимо найти способ вывести результат после проведения процедуры счета. Из этого легко сделать вывод о тех трудностях принципиального характера, которые предстоит преодолеть на пути создания квантового компьютера.

Из вышеизложенного вытекает первая и, возможно, самая главная необходимость на пути решения проблемы создания квантового компьютера – визуализация или материализация упомянутых выше состояний. Только после этого можно говорить о соответствии первого этапа работы квантового компьютера – этапу внесения (записи) цифровой информации в регистр классического компьютера. Причем необходимо иметь в виду, что визуализация не должна изменить реальность, т.е. обеспечить квантовый характер состояний q-битов.

В заключение краткого анализа публикаций по проблеме создания квантового компьютера можно только констатировать достижение определенных экспериментальных успехов в реализации идеи Р. Фейнмана и Ю.И. Манина. Однако возможность осуществления реальных квантовых вычислений на практике предстоит еще доказать.

Целью исследований, результаты которых отражены в данной работе, является обоснование на основе предложенного ранее автором подхода «сверху вниз» блок-схемы квантового устройства, обеспечивающего априори визуализацию массива состояний квантовых битов информации. Такая визуализация или материализация позволяет каждому из 2^n квантовых состояний сопоставить конкретный элемент электронного устройства. Указанным элементом в данном случае должен стать нанотриггер, сделанный из двумерного материала графена. Объединяя их соответствующим образом, можно проводить процесс счета. Для этого предлагается использовать специальное устройство, создаваемое на основе квантовой точки, действующей по принципу самоорганизации. Квантовая точка создается на основе вещества, для молекул которого характерна внутримолекулярная перегруппировка, называемая валентной таутомерией.

Блок-схема электронного квантового устройства на основе априори визуализованных состояний кубитов

Хорошо известно, что центральным устройством современного (классического) компьютера является процессор, который фактически и обеспечивает его (компьютера) работу, т.е. процедуру счета и ее управление. Работа процессора организуется на основе электронных схем, основным элементом которых является триггер, который может выполнять роль хранителя разряда двоичного кода. Совокупность триггеров, объединенных определенным образом, позволяет создавать необходимые для успешной работы процессора блоки, называемые регистрами. Количество создаваемых триггеров задается в общем случае числом n из выражения 2, которое в свою очередь определяется теми задачами, которые будут при этом решаться. Таким образом, по крайней мере в принципе создание предлагаемого устройства можно планировать со всеми вытекающими отсюда последствиями.

На основе вышеизложенного можно положить, что триггер создается на основе графеновых лент шириной 10 нм [3]. В этом случае он будет занимать площадь, равную примерно $5 \cdot 10^{-14}$ м^2. Следовательно, на одном квадратном сантиметре может разместиться порядка 10^{10} нанотриггеров. Это те самые квантовые объекты, которые должны выполнять роль кубитов – битов квантового счета. Однако в данном случае проблема запутанности снимается естественным обра-

зом, так как они не просто квантовые объекты, состояние которых надо как-то вовлечь в процедуру счета. Это квантовые объекты, уже готовые выполнять счет. Принципиальным моментом в использовании графенового нанотриггера для выполнения элементарной процедуры счета является необходимость обеспечения его работы по законам микромира, т.е. законам квантовой физики. Это можно сделать на основе принципа самоорганизации. Здесь необходимо следующее пояснение [4].

Очень часто нелинейные процессы могут быть описаны выражением

$$f(x) = ax - bx^n, \qquad (2)$$

где a и b – постоянные положительные коэффициенты, $n \geq 2$. Если $x << 1$, то $bx^n << ax$, поэтому

$$f(x) \approx ax. \qquad (3)$$

Таким образом, в случае (3) $f(x)$ растет линейно с ростом x. Если же величина x окажется сравнимой с единицей, то членом bx^n пренебрегать уже нельзя, т.е. для описания поведения системы необходимо использовать исходное уравнение (2). Следовательно, рост отклонения функции за счет члена ax начнет испытывать нелинейное ограничение в силу вычитания величины bx^n. При некоторых значениях x функция $f(x)$ вновь будет близка к нулю и все начинается сначала. Система будет как бы автоматически себя регулировать, так как ее свойства зависят от текущего состояния (в данном случае – от величины x). Отсюда логично заключить, что, изменяя каким-либо образом данную молекулярную систему, можно в принципе добиться необходимых значений для соответствующего параметра (или параметров). Такие изменения, очевидно, можно осуществить тремя путями:

1) за счет ввода в состав молекулы новых атомов;

2) внешними воздействиями (например, электромагнитным полем);

3) комбинацией указанных двух путей.

Принципиальная проблема состоит как раз в том, чтобы знать, с какими молекулярными объектами подобные манипуляции возможны. Из самых общих представлений логично предположить, что речь должна идти о соединениях, для которых характерными являются такие внутримолекулярные взаимодействия, которые обеспечат реализацию искомых квантовых состояний. Таковыми могут быть соединения, содержащие в своем составе неспаренные электроны. В указанных соединениях возможны внутримолекулярные процессы с изменением валентности центрального иона (валентная таутомерия). Именно такой процесс оказывается возможным для комплекса $Co(SQ)_2$(2-2´-dipyridine) [1].

$$Co^{III}(SQ)_2\text{(2-2´-dipyridine)} \underset{\leftarrow}{\overset{\rightarrow}{}} Co^{II}(SQ)_2\text{(2-2´-dipyridine)}.$$

А Б

Опуская детали фазового перехода, отраженного в приведенной схеме, следует иметь в виду, что вещество, молекулы которого находятся в состоянии А , оказывается диамагнитным, а в состоянии Б – парамагнитным.

Для кодирования чисел можно использовать два состояния парамагнитной молекулы, реализуемые вследствие фазовых расслоений. Миграция электрона между различными состояниями (спиновыми неоднородностями) – это тот самый процесс самоорганизации, соответствующий условию, который обеспечит постоянную во времени реализацию двух существенно различных по магнитным свойствам состояний.

Здесь необходимо следующее пояснение. Традиционно в качестве квантового бита информации рассматривается двухуровневая система, которая позволяет создать соответствующую элементную базу, включающую логические блоки или вентили для выполнения соответствующих логических операций. Имеются в виду, прежде всего, операции «НЕ», «ИЛИ», «И». Так два q-бита, на каждом из которых находится по одному неспаренному электрону, позволяют выполнять логическую операцию «НЕ». Соответствующим образом можно организовать и другие логические операции, реализуемые, в конечном счете, в ЭВМ. Для этого в качестве исходных универсальных логических блоков достаточно иметь такие устройства, которые позволяли бы многократно выполнять соответствующие логические операции. Другими словами, эти устройства (логические вентили) должны обладать свойством обратимости. Таковым, в частности, является трехбитовый вентиль Тоффоли [2].

Можно следующим образом представить блок-схему устройства, с помощью которого будет осуществляться процедура квантового счета [5]. Логично положить, что основу его составляет блок площадью один квадратный сантиметр, на котором можно разместить, как было показано выше, порядка 10^{10} нанотриггеров. Далее, созданный на основе лент графена каждый нанотриггер управляется элементом, который представляет собой квантовую точку с двумя состояниями. Она создается на основе вещества, для молекул (кластеров) которого характерна внутримолекулярная перегруппировка, в частности валентная таутомерия.

В целом такая система является квантовой по своей сути. Следовательно, на основе такого элемента можно создать устройство, работа которого полностью определяется законами микромира (квантовой физикой), в том числе изменение состояния триггера как следствие перехода квантовой точки из одного состояния в другое. Три нанотриггера объединяются в группу, которая должна выполнять роль универсального вентиля. Будем далее считать, что работа такого вентиля может выполнять логическую операцию ИЛИ – НЕ. Это означает, что состояние одного из трех кубитов (кубит состояния цели или результата счета) меняется тогда и только тогда, когда два других кубита (биты источников, символизирующих исходную информацию, необходимую для реализации процедуры квантового счета) имеют строго конкретное значение. В соответствии с этим организуется такая коммутация между тремя триггерами, которая обеспечивает реализацию логической операции ИЛИ – НЕ, т.е. один из нанотриггеров должен выполнять роль кубита состояния цели или результата счета. Учитывая, что в отсутствие такой коммутации каждый триггер может функционировать независимо от двух других триггеров, организация их согласованной работы при современном состоянии электроники является чисто технической задачей. Исходя из вышеизложенного, процедуру счета можно организовать, положив, что исходное состояние группы из трех нанотриггеров являет также собой и результат счета. Таким образом, реализуется условие обратимости универсального вентиля**.** Констатирование того факта, что исходное состояние суть также и результат счета, означает, что это состояние можно сопоставить с единицей. Нарушение такого состояния означает нуль.

Для оценки наименьшей скорости счета положим, что в каждом состоянии квантовая точка находится порядка 10^{-2} секунды, т.е. достаточно долго. Цикл счета при двоичной системе предполагает реализацию двух состояний, на что потребуется $2 \cdot 10^{-2}$ с для каждого из 10^8 вентилей. Если исходить из автономности их работы, то можно заключить, что описываемое здесь возможное устройство должно выполнять $5 \cdot 10^9$ счетных операций в секунду. Нетрудно заключить, что эта величина может быть заметно увеличена за счет уменьшения времени нахождения триггера в каждом из состояний. Далее, расчетную единицу площади можно увеличить до квадрата со стороной 10 см, т.е. площадью сто квадратных сантиметров. Уже такими двумя способами, предполагающими выполнение довольно мягких условий, число операций в секунду может быть доведено по порядку до 10^{12}, т.е. до одного гигаопераций в секунду. Дальнейшая обработка считанной таким образом информации может осуществляться хорошо разработанным интерфейсом современных классических ЭВМ.

К вышеизложенному относительно материала, предлагаемого в данной работе для нанотриггера и управляющего элемента (квантовой точки), необходимо добавить следующее. Исследования графена привели к возникновению интереса и к другим двумерным материалам. В частности, перспективной является система графен/дихалькогениды переходных металлов для использования в оптоэлектронике и фотонике [6]. Необходимо также отметить проводимые под руководством академика В.И. Минкина работы по синтезу и исследованию парамагнитных комплексов переходных металлов с различными гетероатомными молекулами. Материалы на основе таких соединений могут быть использованы с целью существенного расширения видов квантовых точек, предназначаемых, как предложено в данной работе, для обеспечения функционирования нанотриггеров [7].

Заключение

Описанное выше устройство предполагает использование нанотехнологий, а также наноматериалов. В этих условиях важным моментом является обоснование комплектования классических современных ЭВМ достаточно дорогостоящим дополнительным блоком. Назначение такого блока – возможность проведения достаточно быстрого анализа большого массива данных. Наличие таких массивов обусловлено необходимостью решения конкретных задач из самых различных разделов науки и техники. Зная условие задач, можно задавать число кубитов m, которое определяет число возможных, в том числе перепутанных, состояний (2^m), позволяющих в конечном счете получать необходимый банк данных. В свою очередь, такая информация является основой для создания встраиваемого блока с необходимым количеством нанотриггеров, управляемых квантовыми точками, действующими по принципу самоорганизации с двумя существенно различными по магнитным свойствам состояниями и созданную на основе вещества, для молекул которого характерна внутримолекулярная перегруппировка. Предлагаемый блок квантового счета может подключаться такими же способами, как это делается по отношению к дополнительным устройствам современных ЭВМ.

Список литературы

1. Воронов В.К. Квантовый компьютер: проблемы и возможные пути их решения. Saarbrucken: Palmarium Akademic Publishing, 2014. 93 с.

2. Валиев К.А. Квантовые компьютеры и квантовые вычисления // Успехи физических наук. 2005. Т. 175. № 1. С. 3–39.

3. Сорокин П.Б., Чернозатонский Л.А., Полупроводниковые наноструктуры на основе графена // Успехи физических наук. 2013. Т. 183. № 2. С. 113–132.

4. Voronov V.K. Revisiting the Possible Creation of the Quantum Information Unit – A Necessary Element of Quantum Computation Procedure. Transactions on Networks and Communications. 2015. V. 3. № 1. P. 79–84.

5. Воронов В.К. Встраиваемый в классический компьютер электронный блок и используемый в нем способ, основанный на квантовой процедуре счета, патент на изобретение № 2632129, Официальный бюллетень «Изобретения. Полезные модели». 2017. № 28.

6. Дурнев М.В., Глазов М.М. Экситоны и трионы в двумерных полупроводниках на основе дихалькогенидов переходных металлов. 2018. Т. 188. № 9. С. 913–934.

7. Minkin V.I., Starikova A.A., Minyaev R.M. Computational Design of Valence Tautomeric Adducts of Co(II) Diketonates with Redox-Active o-Benzoquinone Ligands. Dalton Transac-tions. 2013. V. 42. № 5. P. 1726–1734.

УДК 711.4

ПРОБЛЕМЫ В ОРГАНИЗАЦИИ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ СОВРЕМЕННОГО ГОРОДА И ВАРИАНТЫ ИХ РЕШЕНИЯ В СТУДЕНЧЕСКИХ ПРОЕКТАХ (НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА КОМСОМОЛЬСКА-НА-АМУРЕ)

Галкина Е.Г., Гринкруг Н.В.

ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», Комсомольск-на-Амуре, e-mail: das@knastu.ru

Настоящая статья знакомит с процессами организации благоустройства общественных пространств в г. Комсомольске-на-Амуре, происходящими в рамках реализации приоритетного проекта «Формирование современной городской среды». В статье представлен опыт использования в курсовом и дипломном проектировании студентов Комсомольского-на-Амуре государственного университета кафедры «Дизайн архитектурной среды» актуальных тем, связанных с потребностями города в создании комфортной среды для жителей. В статье приводятся примеры студенческих работ, выполненных по заданию администрации города – Управления архитектуры и градостроительства, Отдела планировки и застройки города, Управления жилищно-коммунального хозяйства города. В студенческих проектах разработаны МАФы на основе бренда дизайн-кода, выражающего геометричность, динамичность, трансформируемость, которые формируют архитектурную среду города. Созданы серии уличной мебели для городских пространств, имеющие гармоничную, эргономически правильную форму, что отвечает всем требованиям комфорта для разных групп населения. В статье выделены некоторые проблемы, возникающие при реализации проектных предложений. Сделаны выводы о том, что организация общественных городских пространств и пространств дворов жилых многоквартирных домов, их комплексное благоустройство позволяет решить не только архитектурные и ландшафтные проблемы, но и создать места притяжения горожан, что может подтолкнуть развитие города по новым направлениям.

Ключевые слова: город Комсомольск-на-Амуре, дизайн архитектурной среды, общественные пространства, комфортная среда, благоустройство, дизайн-код

URBAN DEVELOPMENT THE FORMATION OF FUNCTIONAL-PLANNING STRUCTURE OF THE CITY OF KOMSOMOLSK-ON-AMUR

Galkina E.G., Grinkrug N.V.

Komsomolsk-on-Amur State University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: das@knastu.ru

This article introduces the processes of organizing the improvement of public spaces in the city of Komsomolsk-on-Amur, which are taking place in the framework of the priority project «Forming a Modern Urban Environment». The article presents the experience of using in the course and degree design of students of Komsomolsk-on-Amur State University of the Department «Design of the architectural environment» of current topics related to the needs of the city in creating a comfortable environment for residents. The article provides examples of student work carried out on the instructions of the city administration – the Directorate of Architecture and Urban Planning, the City Planning and Development Department, the City Housing and Utilities Administration. In student projects, MAFs are developed on the basis of a design code brand expressing the geometrical, dynamic, and transformable properties that form the architectural environment of the city. A series of outdoor furniture for urban spaces, having a harmonious, ergonomically correct shape, which meets all the requirements of comfort for different groups of the population, has been created. The article highlights some of the problems encountered in the implementation of project proposals. It was concluded that the organization of public urban spaces and courtyards of residential apartment buildings, their comprehensive improvement can solve not only architectural and landscape problems, but also create places of attraction for citizens, which could push the development of the city in new directions.

Keywords: Komsomolsk-on-Amur city, design of architectural environment, public spaces, comfortable environment, improvement, design code

Город Комсомольск-на-Амуре задумывался советским руководством как передовой, образцовый советский город. Генеральный план 1934 г., разработанный ленинградскими архитекторами под руководством Б. Данчича, предполагал создание двух центров города, имеющих симметричную планировку улиц. Проспекты Ленина и Мира и некоторые другие улицы застроены зданиями в стиле сталинского неоклассицизма. Неофициальным символом и визитной карточкой города считается жилой «дом со шпилем», спроектированный архитекторами Ленинградского отделения «Горстройпроекта» в 1956 г. «Дом со шпилем» является градостроительным акцентом исторической части города, замыкает перспективы улиц, расходящихся лучами от площади им. Ленина, на которой он расположен. В городе насчитывается 131 объект культурного наследия [1]. Город Комсомольск-на-Амуре является одним из крупных промышленных центров Дальнего Востока России – это второй по

величине город Хабаровского края и четвертый на Дальнем Востоке. Тем не менее в городе существует проблема значительного снижения численности населения. Так за период с 1993 г. (315 тыс. чел.) по 2018 г. (248 254 чел.) город потерял более 70 тыс. чел. Причинами сложившейся ситуации – оттока населения в западные регионы страны, называют резко континентальный климат, географическую удалённость от центра страны, низкие доходы населения, высокие цены на товары и услуги, резкий спад производства на градообразующих предприятиях и неразвитость инфраструктуры [2].

Цель исследования: ознакомление с мероприятиями, проводимыми в г. Комсомольске-на-Амуре в рамках организации общественных городских пространств. В ходе исследования использованы методы сбора исторических материалов, предпроектного анализа ситуаций, принципы создания комфортной среды в процессе курсового и дипломного проектирования студентами архитекторами-дизайнерами.

Результаты исследования и их обсуждение

С декабря 2015 г. г. Комсомольск-на-Амуре был объявлен городом президентского внимания. В Послании Федеральному Собранию Президент России В.В. Путин заявил о том, что г. Комсомольск-на-Амуре должен стать динамичным центром Дальнего Востока. Город с легендарной историей, имеет современную высокотехнологичную промышленность, которая выпускает востребованную гражданскую продукцию и успешно работает на оборонную промышленность. Вместе с тем, по словам президента, городская и социальная инфраструктуры Комсомольска находятся в запущенном состоянии, и поэтому в город сложно привлекать молодых перспективных специалистов, в которых остро нуждаются предприятия региона. Без поддержки государства эти проблемы городу не решить. Поэтому в рамках имеющихся программ необходимо сконцентрировать ресурсы и, не откладывая, направить их на решение городских проблем г. Комсомольска-на-Амуре. Это касается и общего облика города, и объектов спорта, культуры, учреждений здравоохранения, образования – все это не соответствует потенциалу Комсомольска-на-Амуре [3].

Во исполнение поручения главы государства был разработан Долгосрочный план комплексного социально-экономического развития города. Документ в апреле 2016 г. был подписан Председателем Правительства РФ Д. Медведевым. Долгосрочный план включает в себя 33 организационных мероприятия и 27 объектов инфраструктуры. Срок реализации документа – 2016–2025 гг. Общий объем финансирования составляет 62,9 млрд руб., в том числе 49,3 млрд – средства федерального бюджета.

Предусмотрено три направления развития г. Комсомольска-на-Амуре. Это – формирование индустриального и инженерного центра Дальнего Востока, модернизация социальной, транспортной и инженерной инфраструктуры, создание современных общественных городских пространств.

С 2016 г. по ноябрь 2018 г. в рамках реализации приоритетного проекта «Формирование современной городской среды» в городе было воплощено несколько проектов по реконструкции общественных пространств и благоустройству дворовых территорий многоквартирных домов, такие как:

– Реконструкция площади Юности у ДК «Судостроителей» по ул. Аллея Труда. В 2003 г. часть здания ДК подверглась пожару и только с июня 2018 г., благодаря передаче здания в собственность Хабаровского края, начнутся мероприятия по его восстановлению.

– Реконструкция пешеходной аллеи вдоль Яблоневого парка от ул. Аллея Труда до ул. Дзержинского, территории прилегающей к драматическому театру – организованы площадки для отдыха с установкой скамеек, установлены кашпо для посадки цветов, выделена велосипедная дорожка, уложен новый асфальт. В Яблоневом парке ежегодно высаживаются новые деревья и кустарники.

– Создание «Фиолетового» сквера у гостиницы «Амур» по пр. Мира. В ходе ремонта здесь были удалены старые деревья, организованы цветники, обновлена система освещения, установлены новые садовые диваны с боковинами и парковые скамьи, 12 урн. Но главной особенностью сквера стали фиолетовые пешеходные дорожки. Они были созданы по новой для города технологии. Покрытие представляет собой обычный асфальт, на который нанесён штампованный рисунок. Для этого состав нагревается до пластичного состояния, и в него впечатывается штамп. При этом сохраняется ровность поверхности, швов и чёткость рисунка. Сверхпрочная пропитка особым составом придаёт дополнительную прочность и долговечность. Это повышает износоустойчивость покрытия. По словам подрядчика, данный метод использован впервые не только в Комсомольске, но и на всем Дальнем Востоке. Жители Комсомольска на новинку отреагировали неоднозначно.

Часть комсомольчан посчитала безвкусицей фиолетовый асфальт, который приходится повторно красить каждый год, и установленные в сквере арт-объекты – скульптуру лежащего тигра и фигуры мужчины и женщины, сидящие на скамейках. Необходимо отметить, что в городе существуют множество примеров монументального искусства, которым можно смело подражать. Тем не менее общественное пространство обрело новый облик благодаря проекту «Городская среда». На благоустройство было затрачено около 8 млн руб. [4].

Процесс реализации федерального приоритетного проекта «Формирование комфортной городской среды», рассчитанного на 2017–2022 гг., не оставил в стороне и студенческую молодежь г. Комсомольска-на-Амуре. Студенты кафедры «Дизайн архитектурной среды» Комсомольского-на-Амуре университета принимают активное участие, сотрудничая с администрацией города – Управлением архитектуры и градостроительства, Отделом планировки и застройки города, Управлением жилищно-коммунального хозяйства города. Студенты выполняют эскиз-проекты по организации архитектурной среды общественных пространств. Так разработкой проекта реконструкции Комсомольского-на-Амуре театра драмы занималась выпускница КнАГУ кафедры «Дизайн архитектурной среды» Шампарова Елизавета. В процессе работы построено технологическое здание, в котором располагается все вентиляционное оборудование театра, связанное четырьмя воздуховодами с главным зданием, по ним подается также и теплый воздух для обогрева. Реконструированы зрительные залы, вестибюль и холлы, отреставрировано настенное панно; в зрительном зале театра заменили сцену, установили новые кресла и самый большой медиаэкран на Дальнем Востоке, новое звуковое и светооборудование. Заменена старая облицовка и выполнена подсветка фасада здания театра [5].

Помимо внутренних работ, проведена полная реконструкция прилегающей к Драмтеатру территории – здесь работают световые фонтаны, организована парковка и проведено благоустройство территории с установкой малых архитектурных форм: современные диваны, скамьи и урны, которые изготовлены местным производителем, что позволило сократить расходы на доставку. Оборудована линия наружного освещения, установлены металлические опоры торшерного типа и выполнен монтаж светильников «Шар».

В том числе был образован «Театральный сквер», отличающийся от других общественных территорий города своей неординарностью. Здесь установлены четыре тематических арт-объекта в виде театральных масок, олицетворяющих эмоции человека: «Настроение», «Улыбка», «Печаль», «Шут». Разработчиками дизайн-проекта сквера выступили студенты КнАГУ факультета кадастра и строительства кафедры «Дизайн архитектурной среды» Димитриади Екатерина, Волович Маргарита, Нагорная Анна под руководством главного архитектора города Доровского Игоря Владимировича. При разбивке сквера максимально были сохранены растущие здесь деревья. Большая часть средств на реконструкцию поступила из федерального бюджета.

В результате благоустройства территории театра драмы в городе образовалось особенное место отдыха, со своим микроклиматом, притягивающее горожан.

– Реконструкция сквера ДК «Авиастроителей» (разработчики студенты Димитриади Екатерина, Волович Маргарита, Нагорная Анна).

– Проект реновации территории библиотеки им. Н. Островского по пр. Первостроителей стал темой дипломной работы Еськовой Марии, студентки кафедры «Дизайн архитектурной среды» (рис. 1).

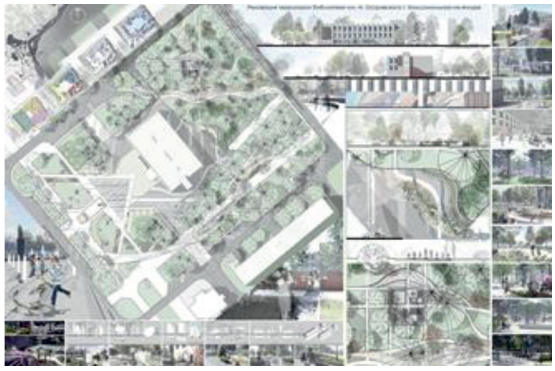


Рис. 1. Дизайн-проект реновации территории библиотеки им. Н. Островского. Ст. Еськова Мария

– Городская набережная р. Амур является любимым местом для отдыха комсомольчан. Но до недавнего времени набережная находилась в глубоком запустении. Здание речного вокзала, являющееся знаковым символом города, не функционирует и от этого разрушается.

В настоящее время проводятся масштабные мероприятия по реконструкции набережной, которые включают в себя монтаж гидрозащитного сооружения вдоль береговой линии, устройство прогулочных дорожек, выходов к воде, организацию

смотровых площадок. Генеральный проектировщик (ООО «Дальгипроводхоз») проработал концепцию благоустройства территории, которая будет выполнена в едином архитектурном решении. Одно из центральных мест займет зона спортивного отдыха, которую планируется разместить на территории действующего пляжа. Здесь появятся площадки для игры в волейбол, пляжный футбол, спортивная зона для молодежи [6]. Дополнительные разработки по благоустройству набережной отражаются в студенческих проектах, таких как «Мемориальный комплекс морякам-подводникам и комсомольским корабелам», «Организация свадебной зоны на набережной р. Амур» (рис. 2), «Дизайн-проект этнографического музейного комплекса – село Пермское и нанайская деревня Дзумени», «Организация аквапарка в торгово-развлекательном комплексе по ул. Дзержинского» и др.

– В рамках дипломного и курсового проектирования студенты выполняют задания от администрации города по благоустройству общественных пространств, такие как: «Элементы дизайн-кода Комсомольск-на-Амуре в формировании городского ландшафта» – Волович Маргарита; «Объекты городского дизайна в организации общественного пространства» – Нагорная Анна (рис. 3), «Разработка элементов благоустройства городской среды в г. Комсомольске-на-Амуре» – Баранов Владимир (рис. 4); «Применение дизайн-кода г. Комсомольска-на-Амуре на примере открытых общественных пространств города» – Димитриади Екатерина; «Средовое решение выставочного комплекса «PRO Самолет» – Бедарева Анна (рис. 5), «Разработка пешеходной зоны сквера Энтузиастов» – Власенко Юлия (рис. 6). За два года выполнено более пятидесяти проектов благоустройства дворовых территорий.



Рис. 2. Студенческие проекты Луцик Анны по организации общественного пространства набережной р. Амур (г. Комсомольск-на-Амуре)



Рис. 3. Объекты городского дизайна в организации общественного пространства. Дипломный проект ст. Нагорной Анны

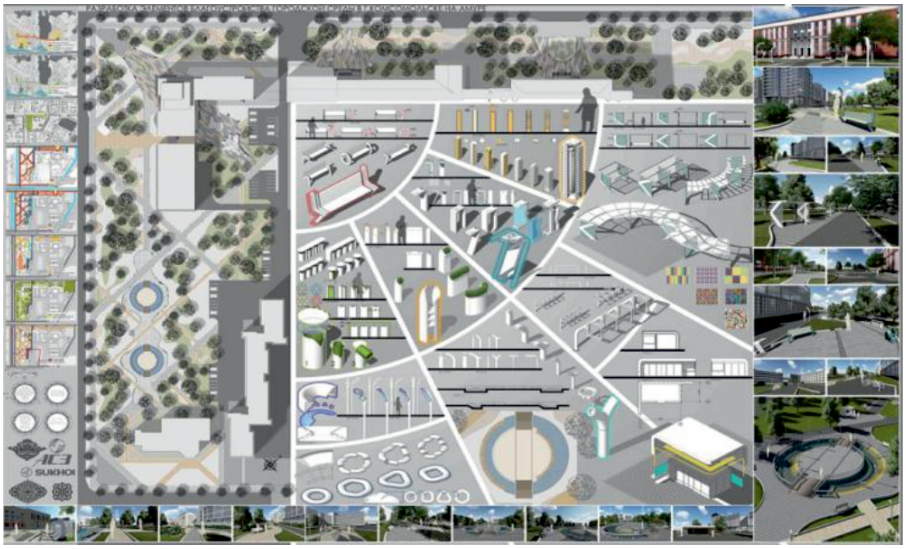


Рис. 4. Разработка элементов благоустройства городской среды в г. Комсомольске-на-Амуре. Дипломный проект ст. Баранова Владимира



Рис. 5. Средовое решение выставочного комплекса «PRO Самолет». Поисковый проект ст. Бедаревой Анны

В проектах разработаны МАФы на основе бренда дизайн-кода, выражающего геометричность, динамичность, трансформируемость, которые формируют архитектурную среду города. Созданы серии уличной мебели для городских пространств, имеющей гармоничную, эргономически правильную форму, что отвечает всем требования комфорта для разных групп населения.

Но остаются объективные проблемы, решение которых не зависит от студентов и их руководителей – это недостаточное финансирование выполнения спроектированных работ. Многие архитектурные фантазии проектировщиков остаются исполнителям не по карману. Заказчики в состоянии реализовать только самое необходимое, используя самые дешёвые материалы. Например:

– асфальтирование автомобильных проездов и пешеходных дорожек наикратчайших направлений во дворах жилых домов,

– установка минимального количества скамеек и светильников.

– проектное предложение по использованию современных материалов – прорезиненное покрытие на детских площадках, укладка аллей и площадок для отдыха мелкоразмерными бетонными плитками разного цвета также заменяется асфальтированием (в лучшем случае) и раскрашиванием поверхности покрытия краской.

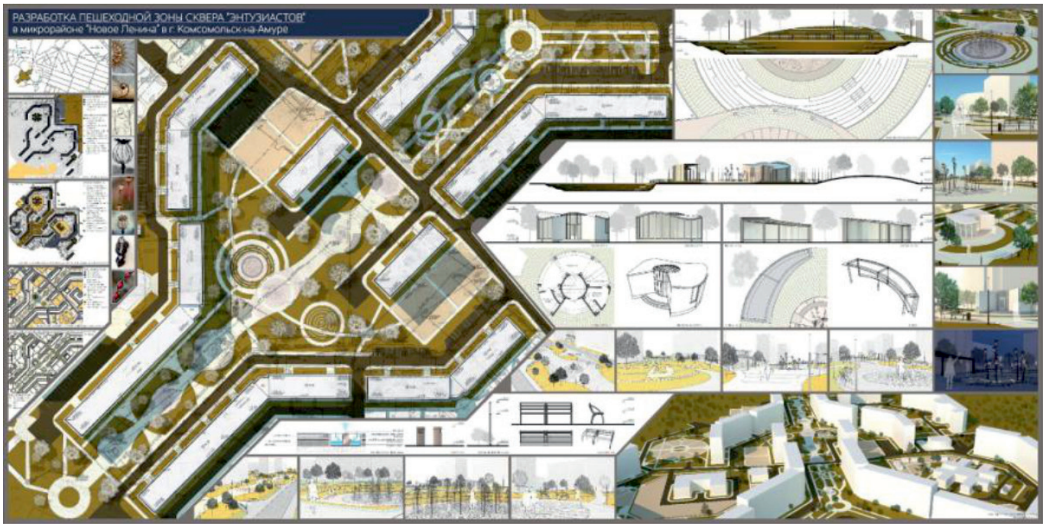


Рис. 6. Разработка пешеходной зоны сквера Энтузиастов в микрорайоне «Новое Ленина» в г. Комсомольске-на-Амуре. Поисковый проект ст. Власенко Юлии

– арт-объекты, пластика которых предполагает их выполнение из металла (бронзы, чугуна и т.д.), выполняются из бетона или других подручных материалов. В результате, едва появившись, арт-объект начинает разрушаться.

Выводы

Не смотря на проблемы, существующие при реализации проектных предложений, за почти три года с начала воплощения приоритетного проекта «Формирование современной городской среды» на территории г. Комсомольска-на-Амуре появилось множество комфортных мест, предназначенных для отдыха горожан. Основная цель проекта – создание условий для системного повышения качества и комфорта городской среды – постепенно достигается. Город явно преобразился, что непосредственно влияет на менталитет жителей города, появилось больше возможностей для занятий спортом, культурного и творческого проведения свободного времени. Организация общественных пространств, их комплексное благоустройство позволяет решить не только архитектурные и ландшафтные проблемы, но и создать места притяжения для горожан, что может подтолкнуть развитие города по новым направлениям.

Список литературы

1. Культурное наследие Хабаровского края. Комсомольск-на-Амуре [Электронный ресурс]. URL: http://khabkrai-nasledie.ru/komsomolsk-na-amure/cat (дата обращения: 17.10.2018).

2. Город Комсомольск-на-Амуре [Электронный ресурс]. URL: http://города-россия.рф/sity_id.php?id=75 (дата обращения: 10.10.2018).

3. Путин: Комсомольск-на-Амуре должен стать одним из динамичных центров Дальнего Востока [Электронный ресурс]. URL: http://www.gubernia.com/news/politics/putin-komsomolsk-na-amure-dolzhen-stat-odnim-iz-dinamichnykh-tsentrov-dalnego-vostoka/ (дата обращения: 17.11.2018).

4. Фиолетовый сквер «Амур» открылся в Комсомольске. От 20 октября 2017, источник: Хабаровский край сегодня, (новости источника) [Электронный ресурс]. URL: https://news.mail.ru/society/31385133/ (дата обращения: 10.11.2018).

5. Драмтеатр: интерьер после реконструкции [Электронный ресурс]. URL: https://citykms.ru/dramteatr-vnutri-e3c7ae1e9444 (дата обращения: 10.11.2018).

6. КГБУ «Комсомольская-на-Амуре набережная р. Амур [Электронный ресурс]. URL: http://www.nabamurkms.ru/about/reconstruction/43-o-proekte (дата обращения: 09.11.2018).

УДК 54.052

ХЕМОСОРБЦИЯ $Ca(OH)_2$ АМОРФНЫМ НАНОПОРОШКОМ SiO_2

[1]Горев Д.С., [1]Потапов В.В., [2]Ефименко Ю.В., [3]Карабцов А.А., [4]Курявый В.Г., [5]Баланов М.И.

[1]ФГБУН Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: denis.goreff2015@yandex.ru;

[2]Филиал «ЦНИИП Минстроя России» Дальневосточный научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт по строительству, Владивосток;

[3]Дальневосточный геологический институт ДВО РАН, Владивосток;

[4]Российская академия наук Дальневосточное отделение Учреждение Российской академии наук Институт химии, Владивосток;

[5]Дальневосточный федеральный университет, Владивосток

Выполнены эксперименты по изучению хемосорбционной способности различных аморфных кремнеземсодержащих материалов по отношению к $Ca(OH)_2$ в водной среде. Изучали гидротермальный порошок нанокремнезема Геосил с удельной поверхностью 418 м^2/г, полученный на основе гидротермального раствора ультрафильтрационным мембранным концентрированием и криохимической вакуумной сублимацией, микрокремнезем CSF (20 м^2/г) и брянский трепел (0,6 м^2/г). Реакцию между SiO_2 и $Ca(OH)_2$ проводили в герметичной колбе в атмосфере аргона с перемешиванием. По окончании эксперимента осадок центрифугировали, промывая охлажденной дистиллированной водой и ацетоном, сушили в вакууме при 50 °С. Установленная в эксперименте хемосорбционная активность выше у материалов с большей удельной поверхностью: возрастает в ряду брянский трепел-CSF-Геосил. Реакция сопровождается очень быстрым возникновением нанодисперсных седиментационно устойчивых частиц гидросиликатного состава $xCaO•ySiO_2•zH2O$ – как продукт реакции $SiO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CSH$. В продуктах реакции Геосила с $Ca(OH)_2$ энергодисперсионная спектроскопия показала присутствие значительного количества элемента Ca вместе с Si. Прямые оценочные измерения массы SiO_2ам до и после прохождения пуццолановой реакции показали более чем двухкратное ее приращение, что согласуется с уравнением вышеуказанной реакции. Морфологию образцов Геосила до и после взаимодействия с $Ca(OH)_2$ изучали сканирующей электронной микроскопией.

Ключевые слова: нанокремнезем, известь, пуццолановая реакция, гидросиликаты кальция

THE CHEMISORPTION OF $Ca(OH)_2$ AMORPHOUS SiO_2 NANOPOWDER

[1]Gorev D.S., [1]Potapov V.V., [2]Efimenko Yu.V., [3]Karabtsov A.A., [4]Kuryavyy V.G., [5]Balanov M.I.

[1]Research Geotechnological Center FEBRAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: denis.goreff2015@yandex.ru;

[2]Far Eastern Research Institute of Construction, Vladivostok;

[3]Far Eastern Geological Institute FEBRAS, Vladivostok;

[4]Far Eastern Branch, RAS, Vladivostok;

[5]Far Eastern Federal University, Vladivostok

Experiments were carried out to study the chemisorption capacity of various amorphous silica-containing materials with respect to $Ca(OH)_2$ in an aqueous medium. Hydrothermal powder of Geosil nanosilica with a specific surface area of 418 m^2/g obtained on the basis of a hydrothermal solution by ultrafiltration membrane concentration and cryochemical vacuum sublimation, microsilica CSF (20 m^2/g) and Bryansk tripoli (0.6 m^2/g) were studied. The reaction between SiO_2 and $Ca(OH)_2$ was carried out in a sealed flask in an argon atmosphere with stirring. At the end of the experiment, the precipitate was centrifuged, washed with distilled water and acetone, dried at 50 °C. The chemisorption activity established in the experiment was higher in materials with a larger specific surface area: the Bryansk tripoli-CSF-Geosil increases in the series. The reaction is accompanied by a very rapid appearance of nanodispersed sedimentation-resistant particles of hydrosilicate composition $xCaO•ySiO_2•zH_2O$ – as a reaction product $SiO_2 + Ca(OH)_2 \rightarrow CSH$. In the products of the Geosil reaction with $Ca(OH)_2$, energy dispersive spectroscopy showed the presence of a significant amount of the Ca element together with Si. Direct estimated measurements of the mass of SiO_2 before and after the pozzolan reaction showed more than two times its increment, which is consistent with the equation of the above reaction. The morphology of Geosil samples before and after interaction with $Ca(OH)_2$ was studied by scanning electron microscopy.

Keywords: nanosilica, lime, pozzolan reaction, calcium hydrosilicates

Современными методами нанотехнологий установлена высокая роль геля силиката кальция – C-S-H в механизме твердения бетона [1–2]. Гель C-S-H имеет слоистую структуру на малом масштабе 1–5 нм, структуру доменов, состоящих из слоев, и на большем масштабе 5–100 нм – трехмерные структуры с формой дисков размерами 60×30×5 нм^3, состоящих из доменов. В ходе гидратации частицы-домены агрегируют, образуя гель. Гель C-S-H может иметь низкую, высокую и ультравысокую

плотность и, соответственно, различную прочность. Пропорция этих трех форм геля может меняться в зависимости от цемента и характеристик замеса. Гель C-S-H не имеет фиксированной стехиометрии, химический состав геля меняется от точки к точке внутри объема замеса, поэтому гель C-S-H характеризуют отношением Ca/Si. По данным сканирующей электронной микроскопии и трансмиссионной электронной микроскопии отношение Ca/Si варьирует внутри C-S-H геля в пределах 0,6–2,0.

Наночастицы, обладающие большой удельной поверхностью (до 1000 м^2/г), отличаются химической активностью. Они могут действовать как центры, ускоряющие реакции гидратации, а также как нанонаполнители, повышая плотность бетона и уменьшая пористость.

Ультрадисперсные материалы (УДМ) на основе аморфных $SiO_2^{ам}$ типа микрокремнезёма (CSF – condensedsilicafume) [3–5] 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).

Согласно существующим представлениям, 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 Цм и 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, что в присутствии CSF крупные кристаллы $Ca(OH)_2$ не возникают, что способствует образованию более прочной мелкозернистой структуры. На наш взгляд, это вызывает 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 [3–5], но её проявление (Rsi > Rб/д) начинается не ранее 7–30 сут.

Прочность на разрыв образующихся гидросиликатов существенно превышает прочность Цк и достигает 700–800 МПа для CSH (I) и 1000–1300 МПа для CSH (II) [6–9].

В литературе есть данные о существенном повышении прочности бетонов за счет ввода добавок нанокремнезема [10–13]. Возникает вопрос о механизме повышения прочности, одним из составляющих которого является пуццолановая реакция $Ca(OH)_2$с наночастицами SiO_2, и структуре образующихся гидросиликатов кальция.

Получение золей и нанопорошков SiO_2

Золи и порошки нанокремнезема получали на основе гидротермального раствора.

Кроме кремнезема в исходном растворе находятся другие компоненты, концентрации которых приведены в табл. 1.

Концентрированные водные золи кремнезема получали из жидкой фазы гидротермальных растворов трехступенчатым ультрафильтрационным мембранным концентрированием: на 1-й ступени содержание SiO_2 в золе повышали от 0,05 до 0,3–0,4 мас.%,на 2-й ступени до10 мас.%, на 3-й до 20–30 мас.% и выше.

Таблица 1

Концентрация основных компонентов исходного гидротермального раствора, pH = 9,2

Компонент	Na^+	K^+	Li^+	Ca^{2+}	Mg^{2+}	$Fe^{2+,3+}$	Al^{3+}	Cl^-	SO_4^{2}	HCO_3^-	CO_3^{2-}	H_3BO_3	SiO_2
Концентрация, мг/дм^3	282	48,1	1,5	2,8	4,7	<0,1	<0,1	251,8	220,9	45,2	61,8	91,8	780

Для получения нанопорошков SiO_2 золи сублимировали на установке УВС-2Л, включающей блоки диспергирования, получения криогранул в сосудах Дьюара, вакуумной камеры и десублиматора. Перед сублимацией в вакуумной камере золи кремнезема диспергировали с помощью форсунки, капли отверждали в жидком азоте при температуре 77 К и получали криогранулы. После диспергирования размер капель золя составлял 30–100 мкм. Вакуумная сублимация проходила при давлениях 0,02–0,05 мм рт. ст. без фрагментов капельной влаги и слипания частиц. Для ускорения сублимации использовался нагрев: диапазон температур поверхностей нагрева в разных частях вакуумной камеры по мере нагрева в ходе сублимации был от –80 до +25 °С.

Хемосорбция $Ca(OH)_2$ на аморфных кремнеземсодержащих материалах. Методика проведения эксперимента

Оксид кальция был получен термическим разложением карбоната кальция ($CaCO_3$, ч.д.а.) при 1000 °С в муфельной печи МП-8. Раствор гидроксида кальция получали растворением оксида кальция в дистиллированной воде с последующим центрифугированием на центрифуге Sigma 2-16P (4500 об/мин). Раствор гидроксида кальция хранился в пластиковой бутылке, заполненной аргоном. Концентрация CaO 1,05 г/дм^3. Газ аргон (99,993 %, сорт высший ГОСТ10157-79).

Для титрометрического определения кальция использовались: раствор гидроксида натрия (2 N), раствор трилона Б (0,05 N), индикатор мурексид (хч). Для определения концентрации Ca^{2+} отбирали пипеткой 1 мл анализируемого раствора в коническую колбу (100 мл) для титрования, прибавляли 10 мл воды, 2 мл раствора гидроксида натрия, 20–30 мг мурексида и титровали раствором трилона Б. Окраска в конечной точке титрования превращалась из розовой в фиолетовую. Молярную концентрацию (моль/л) кальция рассчитывали по формуле:

$$C_{Ca} = V_1 \cdot C_1/(2 \cdot V_2), \qquad (*)$$

где V_1 – объем раствора трилона Б, C_1 – концентрация раствора трилона Б, V_2 – объем анализируемого раствора.

Изучали три различных кремнеземсодержащих материала: Геосил, CSF, брянский трепел.

В коническую колбу (250 мл, NS 29/32) с магнитным мешальником Heidolph MR 3001 помещали исследуемый материал, наливали раствор гидроксида кальция, заполняли аргоном и закрывали стеклянной пробкой (NS 29/32). Эксперимент проводили при перемешивании на магнитной мешалке. Пробу отбирали с временными промежутками 15 мин, 5 ч, 24 ч, 3 д, 5 д и т.д., до прекращения изменения концентрации гидроксида кальция. По окончании эксперимента осадок центрифугировали (4500 об/мин), промывая охлажденной (8–12 °С) дистиллированной водой до нейтрального pH. Затем осадок центрифугировали (4500 об/мин), промывая 3 раза ацетоном ч.д.а. для удаления воды. В конце осадок сушили в вакуумном шкафу при 50 °С, 10 мм рт. ст. Выделенные образцы были запаяны в ампулы в атмосфере аргона.

Морфологию образцов изучали на сканирующем электронном микроскопе (ЭСМ) Hitachi S5500 (Япония). Локальный элементный состав образцов определяли методом энерго-дисперсионной спектроскопии (ЭДС) на спектрометре Thermo Scientific (США), установленном в виде приставки на микроскопе Hitachi S5500. Химический состав образцов определялся на микроанализаторе JXA8100, Джеол, Япония, оснащенном тремя волновыми спектрометрами и ЭДС приставкой INCAx-sight, Оксфорд, Великобритания. Рабочее напряжение 20kV, ток 1*10-8 А. Определяемые элементы от B до U.

Результаты экспериментов

Получены данные по сорбции $Ca(OH)_2$ аморфными кремнеземами в атмосфере аргона (рис. 1). Связывание $Ca(OH)_2$ быстрее проходило на образце Геосил, имеющем наибольшую удельную поверхность. Особенно сильно разность в связывании $Ca(OH)_2$ между тремя образцами была выражена в первые часы реакции. На момент времени 200 ч связывание по CaO для Геосила составило порядко 680 мг CaO/1 г SiO_2, для CSF – 325 мг CaO/1 г SiO_2, для трепела – 200 мг CaO/1 г SiO_2. С течением времени происходило выполаживание кривых на рис. 1.

В табл. 2 показано конечное изменение массы трех различных кремнеземов после прекращения связывания CaO. Согласно данным табл. 2, масса образцов Геосил и CSF после насыщения увеличилась более чем в два раза.

При увеличении массы после взаимодействия с $Ca(OH)_2$ в составе образцов установлено присутствие вместе с Si значительных количеств Ca (образец Геосил, табл. 3).

Данные по исходному образцу Геосил до взаимодействия с $Ca(OH)_2$

С помощью электронной сканирующей микроскопии получены изображения фрагментов исходного порошка аморфного нанокремнезема до взаимодействия с известью:

– изображение остроугольной частицы (максимальный размер 30 мкм; энергодисперсионным анализом других элементов кроме Si и O не обнаружено);

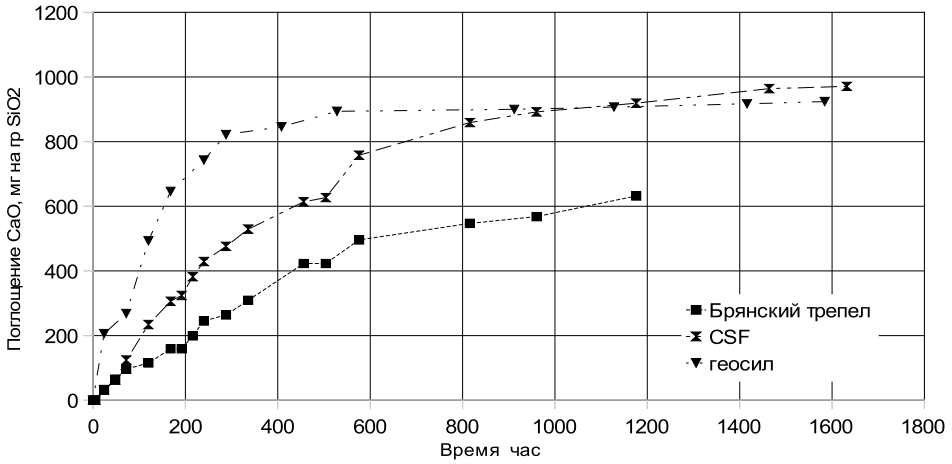


Рис. 1. Данные по кинетике связывания CaO образцами Геосил, CSF и трепел

Таблица 2

Изменение массы препаратов после насыщения в известковой воде $Ca(OH)_2$

Сорбент	Удельная площадь поверхности, $м^2/г$	Исходная масса, г	Масса после завершения сорбции, г	Приращение массы, раз
Геосил	418	1,059	2,39	2,25
Микрокремнезем CSF	20	0,53	1,17	2,21
Трепел (брянский)	0,6	0,51	0,867	1,7

Таблица 3

Химический состав (оксиды) образца Геосил после насыщения в ходе взаимодействия с $Ca(OH)_2$ (мас. %)

Spectrum	In stats.	Al	Si	Ca	Total
Spectrum 1	Yes		29,83	26,15	55,98
Spectrum 2	Yes		27,08	22,29	49,38
Spectrum 3	Yes		26,77	22,71	49,47
Spectrum 4	Yes		26,84	21,42	48,26
Spectrum 5	Yes	0,33	30,82	26,74	57,89
Max.		0,33	30,82	26,74	
Min.		0	26,77	21,42	

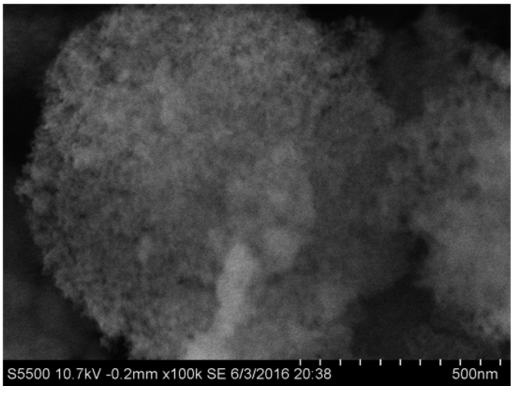


Рис. 2. СЭМ изображение мелкозернистой, пухоподобной области (размер образования – 1000×2000 нм), размер зерен менее 20 нм

– изображение мелкозернистой, пухоподобной области (размер образования – 1000×2000 нм, размер частиц – за пределами разрешения; следует отметить, что подобные образования полностью исчезают в результате взаимодействия с $Ca(OH)_2$) (рис. 2);

– изображение осколков жеоды, пластины (размеры частиц до 50 мкм, на осколке в центре проведен энергодисперсионный анализ);

– изображение пластин, образующих друзоподобный объект, на поверхности которых более мелкие частицы и пухоподобные области и образования;

– жеодообразное образование, состоящее из разнообразных, в том числе и пластинчатых объектов (максимальный размер образования – 60 мкм; форма образования сходна

с формой гидросиликатов кальция, формирующихся в результате реакции с $Ca(OH)_2$ по механизму метосоматоза с сохранением формы исходного вещества (псевдоморфоз));

– изображение овальных частиц, размером около 1 мкм, припудренных более мелкими частицами, образующими пухоподобные области;

– изображение овальной частицы при большем увеличении, рыхлое образование, сложенное более мелкими частицами, такими же, которые образуют пухоподобные области;

– изображение той же овальной частицы, но при большем увеличении, при этом хорошо видна рыхлость образования, сложенного более мелкими, разноразмерными частицами (при реакции с $Ca(OH)_2$ такие образования растворяются и вещество переотлагается).

По данным энергодисперсионной спектроскопии в образцах Геосила до взаимодействия с $Ca(OH)_2$ доля Ca по отношению к Si была мала (рис. 3, 4).

Данные по образцу, полученному после взаимодействия Геосила с $Ca(OH)_2$

С помощью сканирующей электронной микроскопии получены изображения фрагментов материала, образовавшегося после взаимодействия исходного порошка аморфного нанокремнезема с известью (рис. 5):

– общий вид многочисленных образований, повторяющих форму материнского порошка SiO_2, включая редкие прямоугольные формы, встречающиеся в исходном материале;

– общий вид, но при большем увеличении;

– изображение частицы гидросиликата кальция (соотношение CaO/SiO_2 – 8/1, форма частицы уплощенная, максимальный размер 25 мк);

– изображение частицы гидросиликата кальция (соотношение CaO/SiO_2 – 1/1, форма частицы уплощенная, структура слоистая, максимальный размер 20 мк);

– изображение частицы гидросиликата кальция (соотношение CaO/SiO_2 – 1/1, форма частицы жеодообразная, максимальный размер 50 мк);

– изображение частицы гидросиликата кальция, жеодообразной, состоящей из слоев с признаками осаждения и растворения, присутствуют более мелкие частицы, что подтверждает реакцию SiO_2с известковым раствором, максимальный размер 20 мк;

– изображение частицы гидросиликата, аналогичной предыдущей, при этом ярко выражена слоистость, максимальный размер 40 мк;

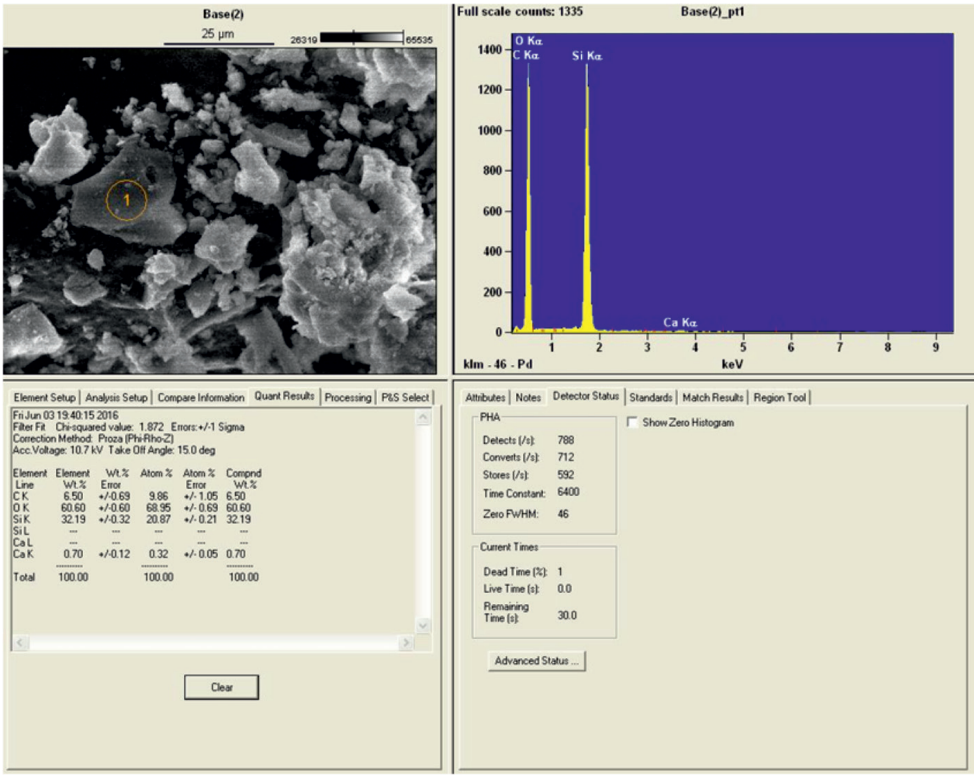


Рис. 3. СЭМ изображение остроугольной частицы и данные энерго-дисперсионного анализа области, выделенной на СЭМ изображении окружностью (максимальный размер частиц 30 мкм; энергодисперсионным анализом других элементов кроме Si и O не обнаружено)

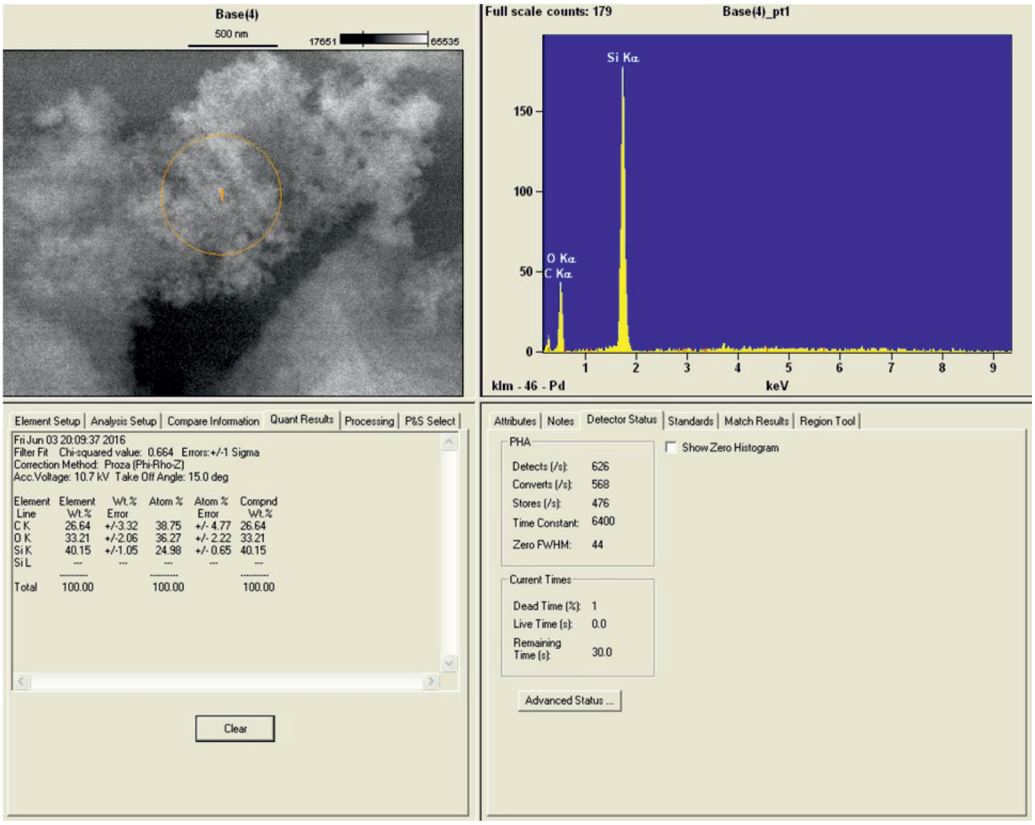


Рис. 4. СЭМ-изображение пухоподобной области и данные энерго-дисперсионного анализа области, выделенной на СЭМ-изображении окружностью (энергодисперсионным анализом других элементов кроме Si и O не обнаружено)

– изображение частицы гидросиликата, аналогичное предыдущей, ярко выражена слоистость, максимальный размер 30 мк, на поверхности видны плоские, слоистые частицы размером 1–6 мк;

– листочки «фольги» и друзообразные образования гидросиликата кальция (толщина «фольги» 5–10 нм, максимальный размер образования до 500 нм; «фольга» и друзы отсутствуют в исходном порошке SiO_2 и являются продуктами реакции с известью);

– та же область, снятая при меньшем увеличении, при этом видно, что друзы не являются единичными образованиями и могут отличаться по размерам и строению;

– общий вид площади 100х70 мк, видны частицы гидросиликата кальция различного размера и формы, отсутствует «пыль» и ажурные образования, в большом количестве присутствующие в исходном SiO_2; можно предположить, что мелкие частицы и ажурные образования растворяются в результате реакции и в дальнейшем осаждаются на поверхности более крупных частиц, образуя слоистую, или псевдослоистую структуру; размер частиц от 30 мк и меньше.

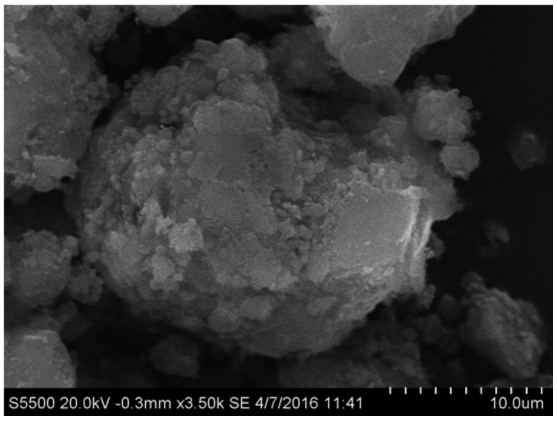


Рис. 5. Общий вид многочисленных образований, повторяющих форму материнского порошка SiO_2, включая редкие прямоугольные формы, встречающиеся в исходном материале

Энергодисперсионной спектроскопией установлено, что доля Ca в образце Геосила после взаимодействия с $Ca(OH)_2$ сопоставима с долей Si (7,47–5,57 мол. %, рис. 6).

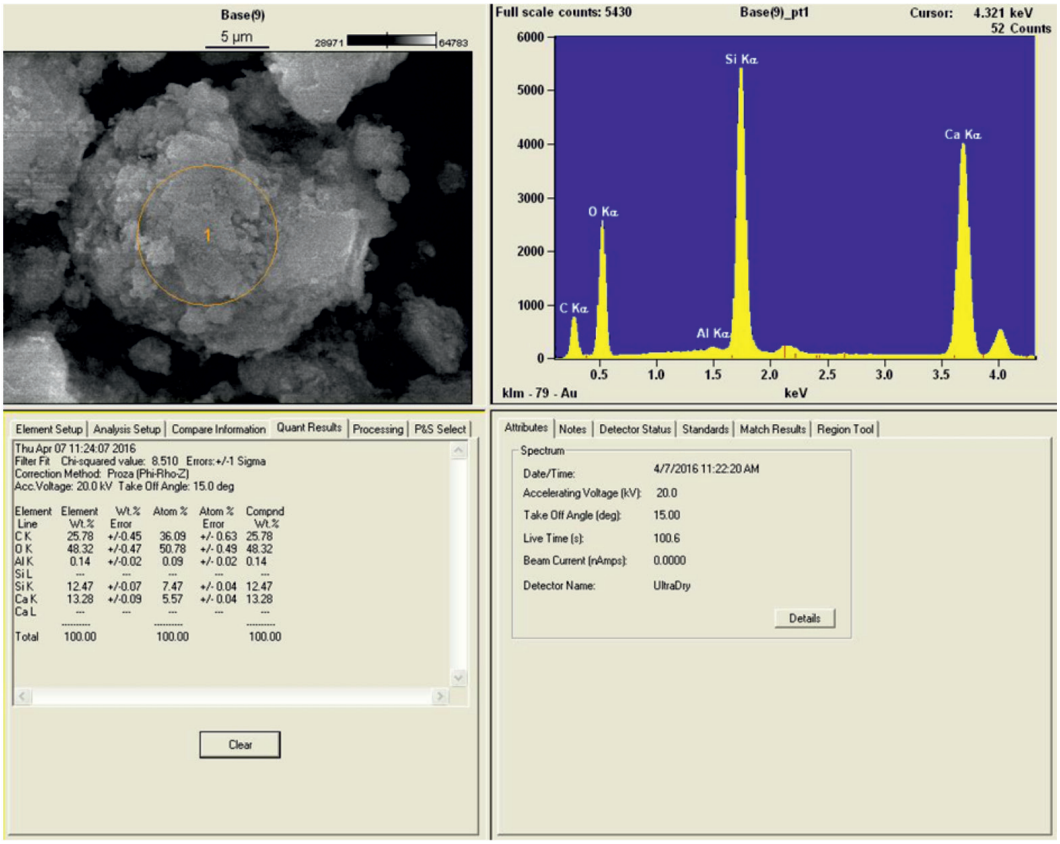


Рис. 6. Изображение слоистого объекта, возникшее после взаимодействия Геосила с $Ca(OH)_2$ и данные энерго-дисперсионного анализа области, выделенной на ЭСМ-изображении окружностью (вместе с Si присутствует значительное количество Ca)

Таблица 4

Водоотделение цементного теста при добавлении золя и суперпластификатора

	H_2O	$H_2O + SiO_2$ 1%	$H_2O + SiO_2$ 1%, Sika5.600
1	2	3	4
Высота смеси в цилиндре, мм	250	250	250
Осадок, мм	105	238	194
Верхний слой (прозрачный), мм	145	12	56
Верхний полупрозрачный, мм	–	–	16
Верхний мутный, мм			40

Определение водоотделения цемента в цилиндре

Эксперименты по определению седиментации осадка показали, что ввод относительно небольшого количества золя SiO_2 (1 мас.% по сухому веществу относительно цемента) приводит к быстрому (2 ч) появлению большого количества ультрадисперсных частиц гидросиликатов кальция, которые тормозят оседание границы цемент-вода и изменяют объём осевшей части более чем в 2 раза. При добавлении вместе с золем SiO_2 суперпластификатора происходит расслоение: слой над цементом делится на два – верхний – полупрозрачный и нижний – мутный (рис. 7–9).

Нормальная густота и сроки схватывания цементного теста ПЦ500-Д0 без добавок и добавками золя Геосил и суперпластификатора SikaViscoCreete 5.600, определенные по методике ГОСТ 310.3-76, удовлетворяли требованиям ГОСТ 10178. Методика: ГОСТ 26798.1-96 Цементы тампонажные. Методы испытаний. п. 8. Определение водоотделения (табл. 4).



Рис. 7. Цемент ПЦ500-Д0: Вода = 1:1. Оседание 145 мм (2 ч): осадок 105 мм, жидкость 145 мм



Рис. 8. Цемент ПЦ500-Д0: Ж = 1:1 (Ж = Вода + (1% SiO_2)). Оседание 12 мм (2 ч): осадок 238 мм, жидкость 12 мм

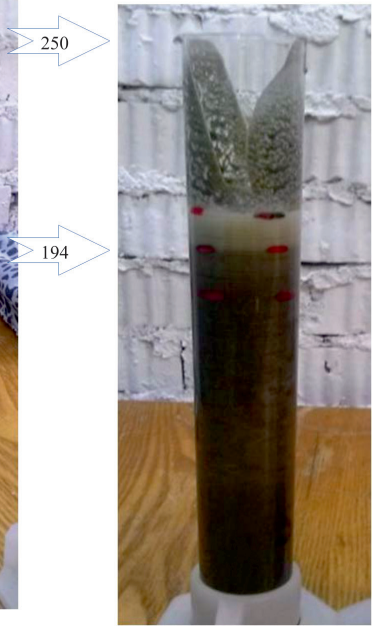


Рис. 9. Цемент ПЦ500-Д0: Ж = 1:1, (Ж = Вода + (1% SiO_2) + Sika Visco Crete) Оседание (2 ч): осадок 194 мм, жидкость 1-ый слой 16 мм, жидкость 2-ой слой 40 мм

Выводы

1. Аморфный порошок гидротермального нанокремнезема Геосил в известковой и цементной среде обладает высокой хемосорбционной активностью по поглощению $Ca(OH)_2$, превышающей хемосорбционную активность других аморфных кремнеземсодержащих материалов (микрокремнезем CSF, брянский трепел) с меньшей удельной поверхностью. Установленная в эксперименте хемосорбционная активность выше у материалов с большей удельной поверхностью: возрастает в ряду брянский трепел – CSF – Геосил.

2. Аморфный порошок гидротермального нанокремнезема Геосил в известковой среде обладает высокой хемосорбционной активностью по поглощению $Ca(OH)_2$. Реакция сопровождается очень быстрым возникновением нанодисперсных седиментационно устойчивых частиц гидросиликатного состава $xCaO{\bullet}ySiO_2{\bullet}zH_2O$ – как продукт реакции $SiO_2+Ca(OH)_2 \rightarrow CSH$. Энергодисперсионный анализ показал присутствие значительного количества элемента Ca вместе с Si в продуктах реакции Геосила с $Ca(OH)_2$. Прямые оценочные измерения массы SiO_2ам до и после прохождения пуццолановой реакции показали более чем двухкратное ее приращение, что согласуется с уравнением вышеуказанной реакции.

3. Ввод золя SiO_2 в смесь цемент – вода приводит к быстрому (2 ч) появлению большого дополнительного количества тонкодисперсных седиментационно-устойчивых частиц гидросиликата кальция, что замедляет оседание границы цемент – вода.

Список литературы

1. Sobolev K., Ferrada Gutierrez M. How Nanotechnology Can Change the Concrete World. American Ceramic Society Bulletin. 2009. № 10. P. 14–19.

2. Sanchez F., Sobolev K. Nanotechnology in concrete – A review. Construction and Building Materials. 2010. V. 24. P. 2060–2071.

3. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. Изд. 2-е. М., 1988. С. 768.

4. Sellevold E.J., Nilsen T. Condensed silica fume in concrete: a world review. Chapter 3. Supplementary cementing materials for concrete (ed. by V.M. Malhotra). Ottawa (Canmet), 1987. 428 p.

5. Admixture for Concrete (Improvement of Properties). Proc of the International Rilem Symposium (proc. № 5) (Barselona, May 14–17, 1990). Chapmann and Hall. 1990. 586 p.

6. Рояк С.М., Рояк Г.С. Специальные цементы: учебное пособие для вузов. 2-е изд., М.: Стройиздат, 1983. 279 с.

7. Шейнфельд А.В. Особенности формирования иерархической микронаноструктуры // Бетон и железобетон. 2016. № 2. С. 16–21.

8. Sobolev K., Flores I., Torres-Martinez L.M., Valdez P.L., Zarazua E., Cuellar E.L. Engineering of SiO2 nanoparticles for optimal performance in nano cementbased materials. In: Bittnar Z., Bartos P.J.M., Nemecek J., Smilauer V., Zeman J., editors. Nanotechnology in construction: proceedings of the NICOM3 (3rd international symposium on nanotechnology in construction). Prague, Czech Republic. 2009. P. 139–48.

9. Tobon J.I., Restrepo O.J., Paya J. Comparative analysis of performance of Portland cement blended with nanosilica and silica fume. Dyne, year 77, Nro. 163, Medellin, September. 2010. P. 37–46.

10. Roddy Craig W., Chatterji Jiten, Cromwell Roger Well treatment composition and methods utilizing nano-particles. United States Patent 7559369, 2009.

11. Потапов В., Ефименко Ю., Михайлова Н., Кашутин А., Горев Д. Применение нанокремнезема для повышения прочности бетона // Наноиндустрия. 2014. № 7. С. 64–68.

12. Потапов В.В., Сердан А.А., Кашпура В.Н., Горев Д.С. Получение и свойства нанокремнезема на основе гидротермального раствора // Химическая технология. 2017. № 2. С. 65–73.

13. Yuriy V. Efimenko, Alexander A. Karabtsov. Hardening of Concrete with Hydrothermal Nanosilica. Proceedings 2nd International Workshop «Durability and Sustainability of Concrete Structures (DSCS-2018)», June 6–7, 2018, Moscow. P. 15.1–15.10.

УДК 624.04

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ВОДЫ ПОВЕРХНОСТНОГО ИСТОЧНИКА С ПРИМЕНЕНИЕМ АНИОННЫХ И КАТИОННЫХ ПОЛИЭЛЕКТРОЛИТОВ

[1]Гришин Б.М., [1]Гарькин И.Н., [1]Салмин С.М., [2]Янова С.Г.

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

[2]ООО «Горводоканал», Пенза

Приведены данные лабораторных исследований по эффективности действия катионных и анионных полиэлектролитов (флокулянтов), используемых для реагентной обработки воды р. Суры в период паводка совместно с коагулянтом – сернокислым алюминием. В экспериментах были исследованы 2 анионных полиэлектролита (К-4043 и ПАА) и 3 катионных (ВПК-402, К-6735 и К-6841), флокулирующая способность которых оценивалась по показателям мутности, перманганатной окисляемости, остаточной концентрации ионов алюминия и цветности воды после двухступенчатой очистки отстаиванием и фильтрованием. Наиболее значимые результаты по качеству очистки природной воды от органических и минеральных примесей были получены при использовании катионных полиэлектролитов с высокой молекулярной массой, позволяющих снизить требуемые дозы коагулянта на 30% по сравнению с опытами, где применялись сернокислый алюминий и полиакриламид. Результаты приведенных в статье лабораторных исследований могут быть использованы на практике, на объектах по очистке воды в г. Пензе и Пензенской области. Методы по определению результатов исследований успешно внедрены в учебный процесс и используются в курсовых и дипломных работах при подготовке бакалавров и магистров по направлению «Строительство».

Ключевые слова: природная вода, органические и минеральные примеси, коагуляция, полиэлектролиты, флокуляция, отстаивание, фильтрование, эффективность очистки

EXPERIMENTAL INVESTIGATIONS OF SURFACE SOURCE WATER PURIFICATION EFFICIENCY WITH APPLICATION OF ANIONIC AND CATIONIC POLYELECTROLYTES

[1]Grishin B.M., [1]Garkin I.N., [1]Salmin S.M., [2]Yanova S.G.

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

[2]OOO «Gorvodokanal», Penza

The data of laboratory studies on the effectiveness of cationic and anionic polyelectrolytes (flocculants) used for reagent treatment of water of the Sura river during the flood in conjunction with the coagulant – aluminum sulfate are presented. The experiments were investigations wana 2 anionic polyelectrolyte (A-4043 and PAA) 3 and of cationic (VPK-402, K-6735 and K-6841), Flo-caliraya ability which is assessed in terms of turbidity, permanganate okilee the bridges, the residual concentration of aluminium ions and the colour of water after two-stage purification by settling and filtration. The most significant results on the quality of purification of natural water from organic and mineral impurities were obtained by using cationic poly-electrolytes with a high molecular weight, allowing to reduce the required doses of coagulant by 30% compared to experiments where aluminum sulfate and polyacrylamide were used. The results of the laboratory studies presented in the article can be used in practice, at the facilities for water purification in Penza and the Penza region. Methods for determining the results of research has been successfully implemented in the educational process, and are used in course and diploma works in the preparation of bachelors and masters in the direction of «Construction».

Keywords: natural water, organic and mineral impurities, coagulation, polyelectrolytes, flocculation, settling, filtration, purification efficiency

На большинстве водоочистных станций Российской Федерации, работающих на воде поверхностных источников, в качестве коагулянта используется сернокислый алюминий (СА). Коагуляция примесей воды происходит за счёт образования в процессе гидролиза СА малорастворимого основания $Al(OH)_3$ [1, 2].

Грубодисперсные и коллоидные примеси, содержащиеся в воде, адсорбируются на поверхности частиц $Al(OH)_3$ с образованием хлопьев и затем удаляются из воды при осветлении и фильтровании. В периоды низких температур (зимнее время или паводок) процессы хлопьеобразования и осаждения примесей в воде, обработанной СА, замедляются. Образующиеся хлопья становятся мелкими, а в воде после очистки появляются повышенные концентрации коллоидных веществ и остаточного алюминия [3]. Это объясняется тем, что при низких температурах подвижность коллоидных частиц замедляется за счёт увеличения вязкости воды. Кроме того, в период паводка резко увеличивается содержание в воде органических примесей, препятствующих образованию агломератов коллоидных примесей с продуктами гидролиза сернокислого алюминия.

Наиболее распространённым способом ускорения процессов коагуляции является дополнительная обработка воды полиэлектролитами – полимерами, в состав молекул которых входят группы, способные к ионизации в водной среде. Обработка воды полиэлектролитами (флокулянтами), как правило, производится через некоторое время после введения в неё раствора коагулянта.

Результатом совместной обработки воды коагулянтом и полиэлектролитом является быстрое объединение микрохлопьев в крупные, хорошо осаждающиеся в воде флокулы, образующиеся за счёт создания высокомолекулярных полимерных «мостиков» между агрегатами первоначально скоагулированных частиц примесей [4].

Наиболее широко распространенным флокулянтом, применяющимся на водоочистных станциях, является полиакриламид (ПАА) – слабоанионный полиэлектролит с молекулярной массой порядка 10^6. В период паводка для обеспечения качества очищенной воды нормативным требованиям требуется увеличение дозы СА и ПАА, что приводит к значительному удорожанию процесса водоподготовки. В последние годы на рынке реагентов появились новые эффективные анионные и катионные полиэлектролиты, которые с успехом применяются для очистки природных и сточных вод и могут рассматриваться в качестве замены полиакриламида.

Целью настоящих исследований являлась сравнительная оценка эффективности использования различных полиэлектролитов при коагуляционной обработке и последующей очистке природной воды поверхностного источника в период паводка.

Материалы и методы исследования

Объектом исследований являлась вода р. Суры, отобранная в районе водозаборного узла г. Пензы. Основные показатели качества речной воды были следующие:

– температура 2,6÷3,5 °С;
– мутность 77÷84 мг/л;
– щелочность 0,95÷1,1 ммоль/л;
– цветность 40 град;
– перманганатная окисляемость 6,7÷7,5 мгO_2/л;
– pH 7,16÷7,18;
– алюминий 0,043÷0,047 мг/л.

Программа лабораторных исследований предусматривала обработку исходной сырой воды раствором коагулянта СА (с содержанием Al_2O_3 16 %), ввод полиэлектролитов для ускоренного хлопьеобразования с последующим отстаиванием и фильтрованием исследуемых проб очищаемой воды.

Перемешивание воды с реагентами осуществлялось лабораторной механической мешалкой со следующими режимами: при вводе коагулянта – с градиентом скорости G = 150 $с^{-1}$ в течение 1 мин, а при вводе полиэлектролитов – с градиентом G = 20 $с^{-1}$ в течение 5 мин.

В экспериментах исследовались 5 видов флокулянтов, технические характеристики которых представлены в табл. 1.

Флокулянты ПАА и ВПК-402 выпускаются отечественными производителями, а флокулянты серии К являются продукцией компании «Kolon Life Science Inc» (Южная Корея).

После обработки реагентами пробы исследуемой воды переливались в литровые стеклянные цилиндры, где отстаивались в течение 1 часа. Далее осветленная после отстаивания вода отбиралась из верхней части каждого цилиндра и фильтровалась через бумажный фильтр. Дозы коагулянта СА ($Д_к$) в различных сериях экспериментов принимались равными 40 и 60 мг/л, дозы полиэлектролитов ($Д_п$) были одинаковыми и составляли 0,15 мг/л. В соответствии с рекомендациями [2] эффективность коагуляционной обработки с применением различных флокулянтов оценивалась по показателям мутности (М), цветности (Ц), перманганатной окисляемости (ПО) и концентрации ионов алюминия в очищенной воде. Кроме того, в каждой серии опытов определялись pH и щелочность фильтрата.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальные графики зависимости мутности $М_о$ обработанной реагентами природной воды от времени отстаивания *t* показаны на рис. 1 и 2.

При дозе коагулянта $Д_к$ = 60 мг/л наиболее значимое снижение мутности при её исходном значении в речной воде $М_{исх}$ = 77 мг/л наблюдалось в экспериментах с применением полиэлектролитов К-6735 и К-6841, для которых остаточная мутность $М_о$ отстоянной воды составляла соответственно 1,41 и 1,09 мг/л (графики 4 и 5, рис. 1). В экспериментах с применением ПАА, который является основным флокулянтом на водопроводных очистных сооружениях г. Пензы, остаточная мутность воды была равна 3,62 мг/л (график 2, рис. 1).

Техническая характеристика полиэлектролитов

Наименование	Товарная форма	Ионный заряд	Степень ионного заряда	Молекулярная масса
ПАА	гель	анионный	низкая	$2{,}3 \cdot 10^6$
ВПК-402	гель	катионный	высокая	$3 \cdot 10^5$
К-4043	порошок	анионный	средняя	$14 \cdot 10^6$
К-6735	порошок	катионный	средняя	$9 \cdot 10^6$
К-6841	порошок	катионный	высокая	$11 \cdot 10^6$

Анионный флокулянт К-4043 показал более высокую эффективность при использовании по сравнению с ПАА ($М_о$ = 2,64 мг/л, график 3, рис. 1), а наименьшее снижение мутности было получено в опытах с применением катионного полиэлектролита ВПК-402 ($М_о$ = 5,9 мг/л, график 1, рис. 1). Аналогичное распределение полиэлектролитов по эффективности действия (К-6841>К-6735>К-4043>ПАА>ВПК-402) наблюдалось при отстаивании речной воды, обработанной СА с дозой $Д_к$ = 40 мг/л (рис. 2). В указанном ряду флокулянтов остаточная мутность $М_о$ отстоянной воды составляла соответственно 2,02; 2,91; 3,05; 4,3 и 6,4 мг/л при мутности исходной воды $М_{исх}$ = 84 мг/л.

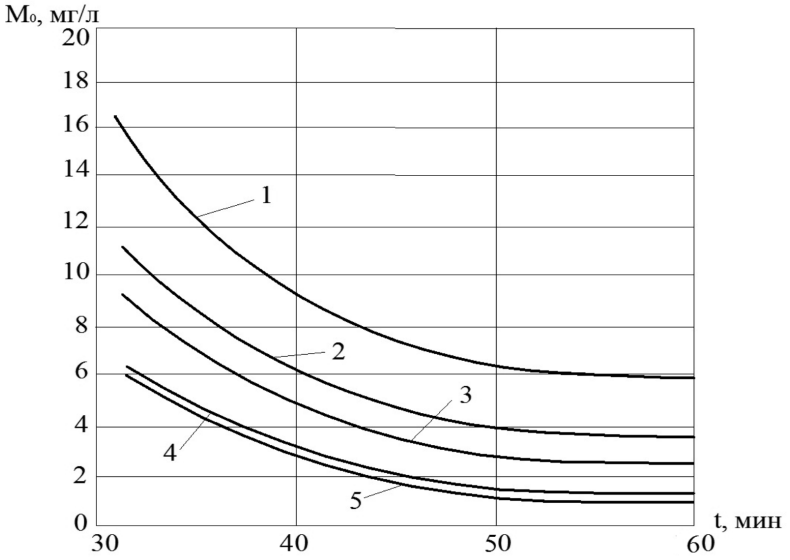


Рис. 1. Графики зависимости мутности воды ($М_о$) от времени отстаивания (t) при обработке коагулянтом СА с дозой $Д_к$ = 60 мг/л и полиэлектролитов с дозами $Д_п$ = 0,15 мг/л: 1 – ВПК-402; 2 – ПАА; 3 – К-4043; 4 – К-6735; 5 – К-6841

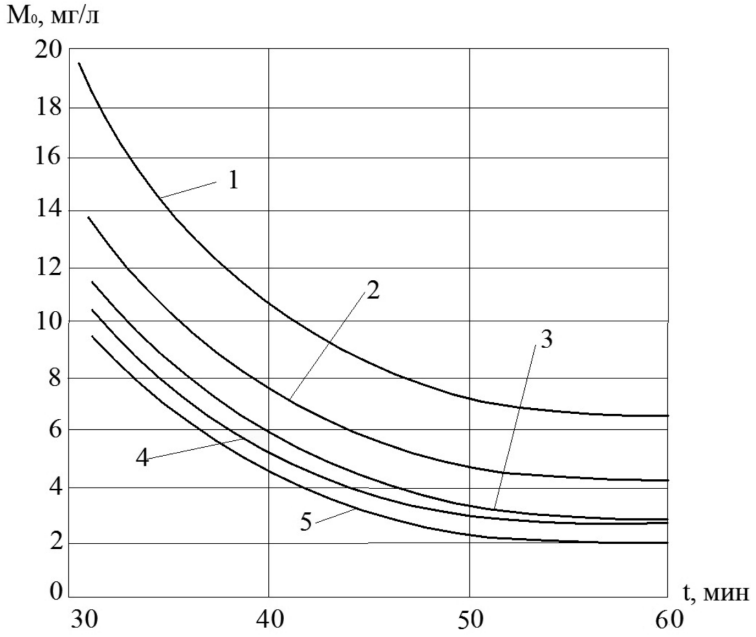


Рис. 2. Графики зависимости мутности воды ($М_о$) от времени отстаивания (t) при обработке коагулянтом СА с дозой $Д_к$ = 40 мг/л и полиэлектролитов с дозами $Д_п$ = 0,15 мг/л: 1 – ВПК-402; 2 – ПАА; 3 – К-4043; 4 – К-6735; 5 – К-6841

Анализ экспериментальных зависимостей $M_o = f(t)$, представленных на рис. 1 и рис. 2, позволил сделать вывод о том, что наибольшую эффективность при очистке воды отстаиванием имеют анионные и катионные флокулянты серии К с высокой молекулярной массой. Применение этих флокулянтов позволяет снизить дозу коагулянта СА в 1,5 раза (с 60 до 40 мг/л) без ухудшения эффективности отстаивания по сравнению с совместным применением СА и ПАА, в настоящее время имеющим место на водопроводных очистных сооружениях г. Пензы.

На рис. 3–5 изображены диаграммы мутности ($M_ф$), перманганатной окисляемости ($ПО_ф$) и остаточных концентраций ионов алюминия (Al^{3+}) в речной воде, прошедшей двухступенчатую очистку отстаиванием и фильтрованием после коагуляционной обработки.

Наименьшие значения мутности фильтрата при $Д_к = 60$ мг/л ($M_ф = 0{,}29$–$0{,}34$ мг/л) были получены в экспериментах с применением флокулянтов ПАА, К-6735 и К-6841 (рис. 3). При снижении дозы СА до 40 мг/л остаточная мутность профильтрованной воды, обработанной ПАА, весьма значительно увеличилась (до $M_ф = 0{,}41$ мг/л), в то время как для флокулянта К-6735 качество фильтрата осталось на прежнем уровне ($M_ф = 0{,}33$ мг/л).

При использовании сернокислого алюминия с дозой $Д_к = 60$ мг/л для большинства флокулянтов остаточные значения $ПО_ф$ находились в пределах 2,9–3,2 мгO_2/л (рис. 4). Более высокие значения окисляемости в фильтрате наблюдались только при дозировании флокулянта К-6735 (3,7 мгO_2/л). Однако в экспериментах с дозой СА 40 мг/л и использованием полиэлектролита К-6735 ухудшения качества фильтрованной воды по окисляемости не происходило ($ПО_ф = 3{,}6$ мгO_2/л), в то время как для остальных флокулянтов значения $ПО_ф$ заметно выросли, а в опытах с флокулянтом К-4043 превысили нормативный показатель для питьевой воды (5 мгO_2/л), требуемый СанПиН [5].

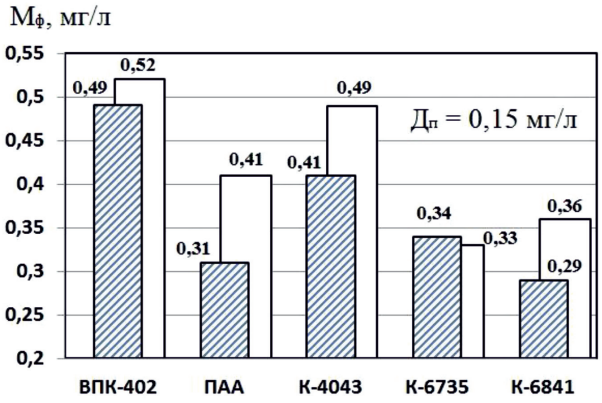


Рис. 3. Диаграммы остаточной мутности фильтрата ($M_ф$) при использовании различных полиэлектролитов: ▨ – для $Д_к = 60$ мг/л; ▭ – для $Д_к = 40$ мг/л

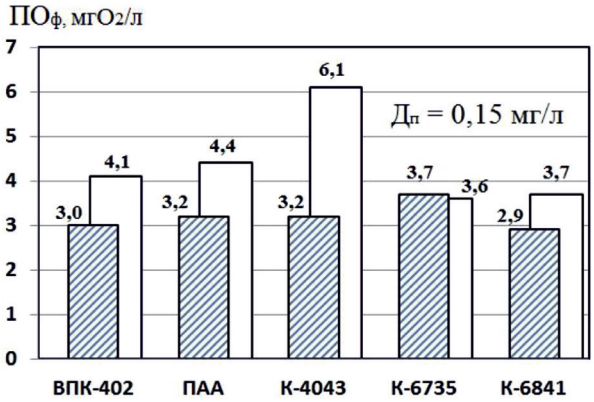


Рис. 4. Диаграммы перманганатной окисляемости фильтрата ($ПО_ф$) при использовании различных полиэлектролитов: ▨ – для $Д_к = 60$ мг/л; ▭ – для $Д_к = 40$ мг/л

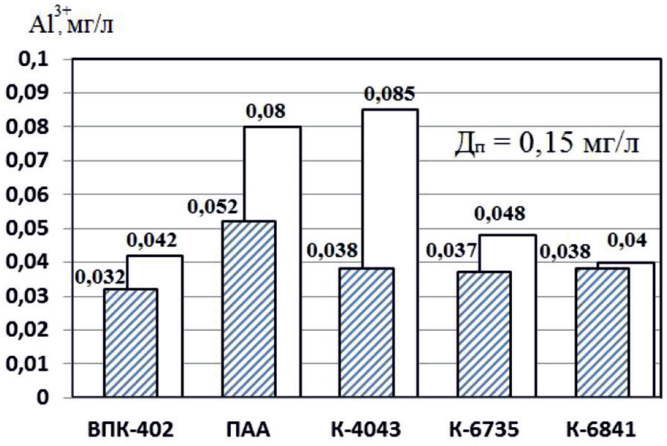


Рис. 5. Диаграммы концентраций остаточного алюминия в фильтрате (Al^{3+}) при использовании различных полиэлектролитов: ▨ – для $Д_к$ = 60 мг/л; ▭ – для $Д_к$ = 40 мг/л

Что касается остаточных концентраций алюминия в очищенной воде, то при $Д_к$ = 60 мг/л лучший результат (Al^{3+} = 0,032 мг/л) был показан в опытах с использованием флокулянта ВПК-402 (рис. 5). Коагулянты серии К показали примерно одинаковую эффективность очистки (Al^{3+} = 0,037÷0,038 мг/л). При снижении дозы СА до 40 мг/л незначительный эффект очистки воды от ионов алюминия наблюдался только в экспериментах с применением флокулянтов ВПК-402 и К-6841 (Al^{3+} = 0,04÷0,042 мг/л), а наибольшие остаточные концентрации Al^{3+} (до 0,085 мг/л) имели место в опытах с полиэлектролитом К-4043. Что касается опытов с вводом флокулянта ПАА, то при всех исследуемых дозах коагулянта СА концентрации остаточного алюминия в очищенной воде были выше его исходных значений до очистки, что говорит о недостаточной селективной адсорбции ионов Al^{3+} молекулами ПАА в условиях низких температур воды.

Анализ диаграмм на рис. 3–5 показал, что катионные флокулянты с высокой молекулярной массой позволяют получить достаточно стабильное качество двухступенчатой очистки речной воды по мутности, перманганатной окисляемости и ионам алюминия даже при снижении дозы коагулянта СА с 60 до 40 мг/л.

Экспериментальные данные по цветности очищенной воды показали одинаковую эффективность действия полиэлектролитов. При $Д_к$ = 60 мг/л остаточная цветность фильтрата во всех пробах составляла 5 град, а при $Д_к$ = 40 мг/л цветность воды после очистки поднималась до 8 град.

Наименьшие значения $pH_ф$ очищенной воды имели место при использовании ПАА (при $Д_к$ = 60 мг/л, $pH_ф$ = 6,44, а при $Д_к$ = 40 мг/л, $pH_ф$ = 6,62). Катионные флокулянты К-6735 и К-6841 обеспечили более высокую стабильность воды по концентрациям ионов H^+. При $Д_к$ = 60 мг/л $pH_ф$ снижалась до 6,6, а при $Д_к$ = 40 мг/л значения $pH_ф$ составляли 6,75–6,77.

Заключение

1. Для реагентной обработки сурской воды в период паводка более предпочтительным является совместное применение с сернокислым алюминием катионных полиэлектролитов, которые по сравнению с анионными флокулянтами обеспечивают высокое качество очистки даже при снижении дозы коагулянта на 30 % [6].

2. Эффективность удаления примесей из воды с применением высоких доз коагулянта и катионных полиэлектролитов зависит как от силы заряда, так и от молекулярного веса флокулирующих реагентов. В то же время при двухступенчатом удалении из воды мутности и перманганатной окисляемости с её обработкой пониженными дозами коагулянта весьма эффективен катионный флокулянт К-6735 с высокой молекулярной массой и средней силой заряда.

3. По результатам экспериментов катионные полиэлектролиты К-6735 и К-6841, которые показали наиболее высокую адгезионную способность в отношении к минеральным и органическим примесям, могут быть рекомендованы для реагентной обработки сурской воды в период паводка на водопроводных очистных сооружениях г. Пензы.

4. Полученные результаты являются логическим продолжением работ [7–9].

Список литературы

1. Бабенков Е.Д. Очистка воды коагулянтами. М.: Недра, 1977. 356 с.

2. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П., Гетманцев С.В. Коагуляция в технологии очистки природных вод. М.: Науч. изд., 2005. 576 с.

3. Андреев С.Ю., Гришин Б.М., Камбург В.Г., Алексеева Т.В., Ширшин И.Б. Моделирование процессов флотационной очистки сточных вод // Региональная архитектура и строительство. 2009. № 2. С. 91–99.

4. Вейцер Ю.И., Минц Д.М. Высокомолекулярные флокулянты в процессах очистки природных и сточных вод. М.: Стройиздат, 1984. 201 с.

5. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества / СанПиН 2.1.4.1074 01. М.: Минздрав России, 2002. 111 с.

6. Федотов Р.В., Щукин С.А., Степаносьянц А.О., Чепкасова Н.И. Современные технологии очистки природных вод от антропогенных загрязнений // Современные наукоемкие технологии. 2016. № 9–3. С. 452–456.

7. Гришин Б.М., Бикунова М.В., Ласьков Н.Н., Вилкова Н.Г., Перелыгин Ю.П. Применение вихревых смесительных устройств в технологиях механической и физико-химической очистки сточных вод // Региональная архитектура и строительство. 2016. № 2 (27). С. 112–117.

8. Андреев С.Ю., Гарькина И.А., Шеин А.И., Князев В.А. Математическая модель определения равновесной концентрации извлекаемых в процессе сорбционной очистки загрязняющих веществ // Региональная архитектура и строительство. 2017. № 1 (30). С. 118–123.

9. Андреев С.Ю., Петрунин А.А. Повышение эффективности флотационной очистки сточных вод за счет использования гидродинамических устройств // Энциклопедия инженера-химика. 2014. № 10. С. 30–34.

УДК 661.8:661...532

МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ, КРИСТАЛЛИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА И ОПТИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СУЛЬФАТА ЕВРОПИЯ (II) $EUSO_4$

Денисенко Ю.Г., Пимнева Л.А.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: yu.g.denisenko@gmail.com, pimnevala@tyuiu.ru

Методом восстановления на цинково-ртутной амальгаме получен порошок сульфата европия (II) с хорошей структурой кристаллитов. Методом Ритвельда решена кристаллическая структура соединения. Установлено, что $EuSO_4$ кристаллизуется в ромбической сингонии, *пр. гр. Pnma* (*a = 8,387Å, b = 5,344, c = 6,879*). В структуре все атомы европия восьмикоординированы и занимают идентичные кристаллографические позиции. Шесть сульфатных групп связывают ион европия монодентатно, а одна хелатно, в результате чего формируется координационный многогранник в форме двухшапочной тригональной призмы. Двухшапочные тригональные призмы [EuO8], попарно соединяясь ребрами, формируют зигзагообразные цепи в направлении *b*. В направлении с восьмивершинники [EuO_8] связываются друг с другом через вершины двух сульфатных тетраэдров, формируя прямую цепь. Подобный механизм связывания координационных многогранников приводит к формированию трехмерной каркасной структуры. В инфракрасном спектре проявляются полосы, вызванные валентными колебаниями сульфатных групп. Соединение проявляет эффективную люминесценцию в области 317 нм, что соответствует межконфигурационному переходу в основное состояние $^8S_{7/2}$. Разработан метод синтеза порошка EuSO4, основанный на взаимодействии EuS с водным раствором серной кислоты в среде ультразвуковых колебаний.

Ключевые слова: сульфат европия, кристаллохимия, люминесценция, синтез

METHODS OF PREPARATION, CRYSTAL STRUCTURE AND OPTICAL PROPERTIES OF EUROPIUM (II) SULFATE $EUSO_4$

Denisenko Yu.G., Pimneva L.A.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: yu.g.denisenko@gmail.com, pimnevala@tyuiu.ru

By the reduction method on zinc-mercury amalgam, europium (II) sulfate powder with a good crystallite structure was obtained. The Rietveld method solved the crystal structure of the compound. It is established that $EuSO_4$ crystallizes in a rhombic syngony, *sp. gr. Pnma*, (*a = 8.387Å, b = 5.344, c = 6.879*). In the structure, all europium atoms are eight-coordinated and occupy identical crystallographic positions. Six sulfate groups bind europium ion monodentate, and one chelate, resulting in the formation of a coordination polyhedron in the form of a two-capped trigonal prism. The two-cap trigonal prisms [EuO8], connecting in pairs by ribs, form zigzag chains in the *b* direction. In the *c* direction, eight-vertex [EuO_8] bind to each other through the vertices of two sulfate tetrahedra, forming a straight chain. Such a mechanism for the binding of coordination polyhedra leads to the formation of a three-dimensional framework structure. In the infrared spectrum, bands caused by stretching vibrations of sulfate groups appear. The compound exhibits effective luminescence in the region of 317 nm, which corresponds to the interconfiguration transition to the ground state of $^8S_{7/2}$. A method for the synthesis of $EuSO_4$ powder was developed, based on the interaction of EuS with an aqueous solution of sulfuric acid in an ultrasonic vibration medium.

Keywords: europium sulfate, crystal chemistry, luminescence, synthesis

Соединения европия с тетраэдрическими анионами, обладая рядом весьма ценных свойств, в последние годы все чаще привлекают внимание исследователей [1–3]. Исследование люминесценции двухвалентного европия имеет как фундаментальное, так и практическое значение [4–6]. Соединения Eu^{2+}и системы с его участием можно использовать в создании сцинтилляторов обнаружения гамма-лучей [7] и в качестве излучающего центра в лазерных материалах [8]. Многообещающими являются заявления о возможности создания эффективных трехцветных люминофоров, содержащих соединения двухвалентного европия [9], а также систем контроля валентного состояния мультимодальных, чувствительных к окислению контрастных веществ для магнитно-резонансной тамографии [10, 11]. По своим свойствам ион Eu^{2+} подобен аналогичным ионам щелочноземельных металлов [3–5] и в особенности стронцию ($r(Eu^{2+})$ = 0,112 нм, $r(Sr^{2+})$ = 0,127 нм).

В то же время большинство исследований посвящено системам, в которых ион Eu^{2+}выступает в качестве легирующего, с достаточно низкой концентрацией. Неочевидность кристаллографических позиций излучающего иона затрудняет определение взаимосвязи между спектральными свойствами и локальным окружением в структуре. В результате чего актуальна разработка экспериментальной и теоретической базы для создания самоактивированных люминофоров, в которых координация излучающего иона может быть точно описана при помощи методов современного рентгеноструктурного анализа [12–14].

Цель исследования: разработка методов получения сульфата европия (II), исследования его кристаллической структуры и ее взаимосвязи с люминесцентно-спектральными свойствами, а также изучение термической устойчивости соединения и определение его термохимических характеристик.

Материалы и методы исследования

Поликристаллический препарат сульфата европия (II) получали восстановлением раствора хлорида европия (III) в редукторе Джонса на цинковой амальгаме в 8Н серной кислоте в инертной атмосфере.

Сульфид европия (II) получали методом высокотемпературной обработки оксида европия Eu_2O_3в атмосфере сероуглерода.

Для увеличения скорости взаимодействия сульфида европия (II) с водным раствором серной кислоты применяли ультразвуковую ванну с частотой ультразвука 42 кГц.

Растровая электронная микроскопия проведена на электронном микроскопе JEOL JSM 6510 LV.

Рентгеноструктурный анализ (РСА) проведен на дифрактометре BRUKER D2 PHASER с линейным детектором LYNXEYE (CuKα-излучение, Ni-фильтр). Уточнение структуры производилось методом Ритвельда в программе DIFFRAC.TOPAS. Для визуализации кристаллической структуры и ее основных элементов использован пакет программ Diamond 3.

Инфракрасная спектроскопия проведена на ИК-Фурье-спектрометре ФСМ 1201. Образец для исследования готовили в виде таблетки с прокаленным бромидом калия.

Спектры возбуждения люминесценции и спектры люминесценции при комнатной температуре регистрировали на спектрометре Shimadzu RF-5301. Источником света в приборе является ксеноновая лампа мощностью 150 Вт.

Результаты исследования и их обсуждение

По данным растровой электронной микроскопии (рис. 1) образец сульфата европия (II), полученный восстановлением на редукторе Джонса, в основном состоит из ограненных частиц с размерами 10–50 мкм. В строении частиц прослеживается ромбоэдрический мотив.

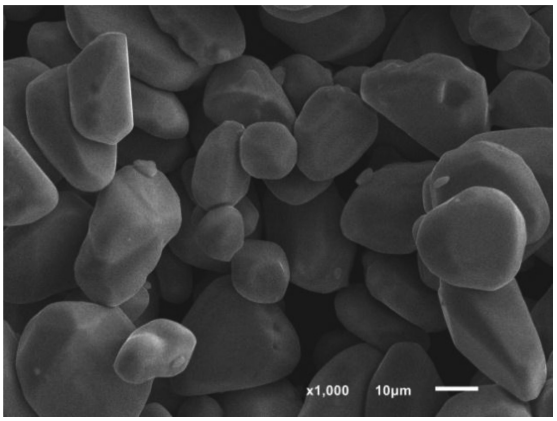


Рис. 1. Электронно-микроскопический снимок порошка сульфата европия (II)

По данным рентгеноструктурного анализа (рис. 2) сульфат европия (II) $EuSO_4$ кристаллизуется в ромбической сингонии, основные кристаллографические характеристики приведены в таблице.

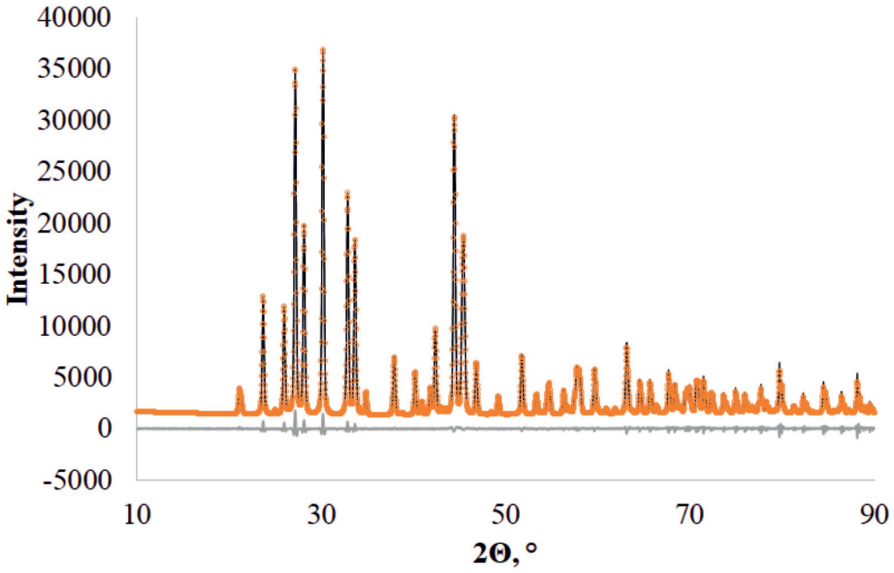


Рис. 2. Дифрактограмма $EuSO_4$, после уточнения методом Ритвельда

Кристаллографические параметры сульфата европия (II)

Формула	$EuSO_4$
Сингония	ромбическая
Пространственная группа	*Pnma*
Z	4
a, Å	8,387
b, Å	5,344
c, Å	6,879
V, Å^3	308,318
R(F)	4,11
R_{wp}	3,96
R_p	2,16

В структуре (рис. 3) все атомы европия восьмикоординированы и занимают идентичные кристаллографические позиции. Шесть сульфатных групп связывают ион европия монодентатно, а одна хелатно, в результате чего формируется координационный многогранник в форме двухшапочной тригональной призмы. Хелатные связи существенно длиннее монодентатных, в результате чего координационное число европия следует принимать как 6 + 2.

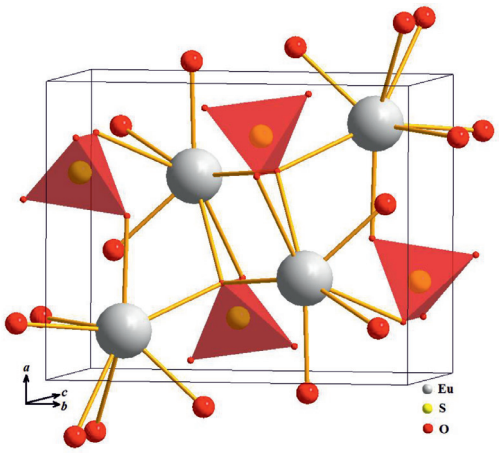
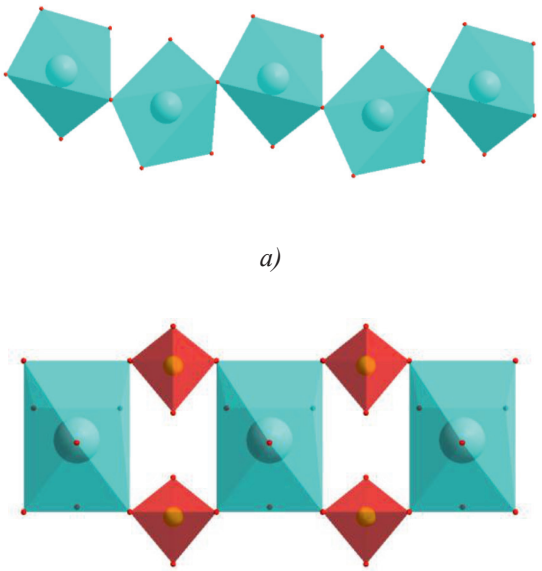


Рис. 3. Перспективная проекция кристаллической структуры $EuSO_4$

Двухшапочные тригональные призмы [EuO8], попарно соединяясь ребрами, формируют зигзагообразные цепи в направлении *b* (рис. 4, а). В направлении *c* восьмивершинники $[EuO_8]$ связываются друг с другом через вершины двух сульфатных тетраэдров, формируя прямую цепь (рис. 4, б). Подобный механизм связывания координационных многогранников приводит к формированию трехмерной каркасной структуры.



а)

б)

Рис. 4. Строение цепей координационных многогранников $[EuO_8]_n$ (а) и $\{[EuO_8](SO_4)_2[EuO_8]\}_n$ (б)

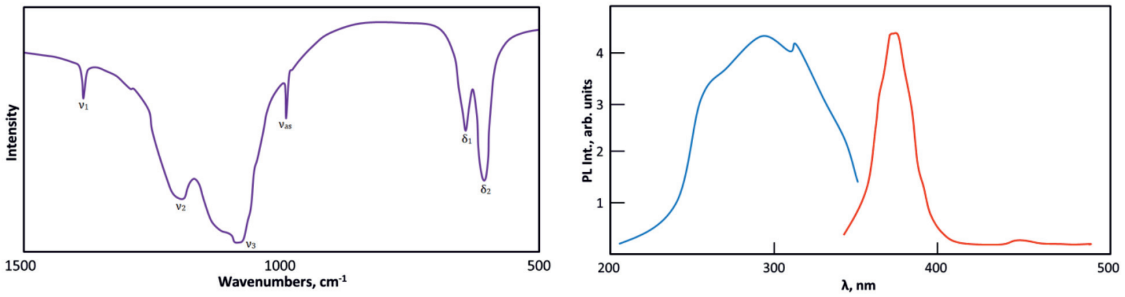
В инфракрасном спектре (рис. 5, а) соединения наблюдаются только характеристические полосы валентных колебаний сульфатных групп. Разрешенные полосы в области 1000–1400 см$^{-1}$ относятся к несимметричным валентным колебаниям группы SO_4. Узкая полоса в области 980 см$^{-1}$ отнесена к полносимметричному валентному колебанию сульфатной группы. Разрешенные полосы в области 500–700 см$^{-1}$ вызваны несимметричными деформационными колебаниями сульфатной группы.

На рис. 5, б, приведен спектр возбуждения (голубая линия) и спектр излучения фотолюминесценции (красная линия). Спектр люминесценции показывает эффективное излучение в области 317 нм, при длине волны возбуждения 291 нм, что соответствует межконфигурационным d→f излучательным переходам. Излучение возникает при переходе электрона с нижнего уровня $4f^6 5d^1$ в основное состояние $4f^7 5d^0$.

Разработан метод получения мелкодисперсных порошков сульфата европия (II) основанный на взаимодействии моносульфида европия EuS с водными растворами серной кислоты.

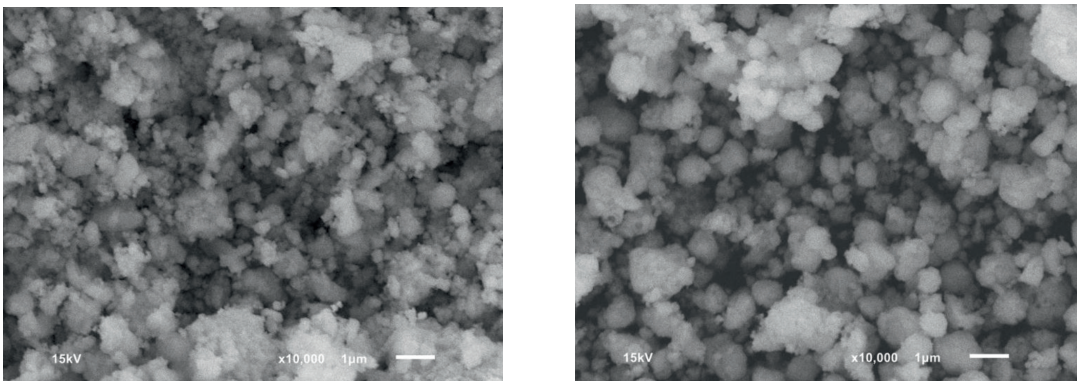
Установлено, что взаимодействие моносульфида европия с 10%-ным раствором H_2SO_4 протекает по уравнению

$$EuS + H_2SO_4 \rightarrow EuSO_4 + H_2S.$$



а) *б)*

Рис. 5. ИК-спектр (а) и спектр люминесценции (б) сульфата европия (II)



а) *б)*

Рис. 6. Электронно-микроскопические изображения частиц $EuSO_4$, полученных по реакции взаимодействия моносульфида европия с серной кислотой: а) при перемешивании; б) при воздействии ультразвуковых колебаний

Реакция при комнатной температуре протекает очень медленно. Для полного растворения навески EuS массой 0,50 г требуется ~30 мин. По данным РФА, поликристаллический продукт реакции, окрашенный в белый цвет, представляет собой сульфат европия (II) $EuSO_4$. Рефлексы на дифрактограмме значительно уширены и имеют маленькую интенсивность. По данным электронной микроскопии, порошок $EuSO_4$, полученный при взаимодействии моносульфида европия с раствором серной кислоты, преимущественно сформирован частицами с размером от 100 нм до 1 мкм (рис. 6, а). Объединяясь, частицы образуют агломераты размером до 5 мкм.

На скорость растворения сульфидов в серной кислоте преимущественно влияют два фактора:

– образование в процессе реакции затрудняющего слоя нерастворимого соединения на поверхности частиц;

– структурное затруднение, связанное с гораздо большей симметричностью и плотностью шаровой упаковки в структуре моносульфида европия, по сравнению, например, с полуторными сульфидами редкоземельных элементов, которые с легкостью взаимодействуют с водными растворами кислот, в том числе и серной, с широком диапазоне концентрации кислоты и несмотря на образование нерастворимых продуктов реакции.

Для снижения влияния данных факторов принято решение проводить реакцию взаимодействия порошка сульфида с 10%-ным раствором H_2SO_4 при воздействии ультразвуковых колебаний. Установлено, что в ультразвуке взаимодействие протекает гораздо быстрее. Для полного растворения навески потребовалось примерно 2 мин.

По данным рентгенофазового анализа поликристаллический препарат, полученный в результате взаимодействия, как

и в предыдущем случае, является соединением $EuSO_4$, однако, судя по виду дифрактограммы, порошок состоит из еще более мелких частиц: рефлексы на дифрактограмме просматриваются еще слабее.По данным электронной микроскопии, порошок сульфата европия (II) $EuSO_4$ сформирован преимущественно сферическими частицами с размером от 0.5 до 1 мкм. Так же в образце присутствуют более мелкие частицы и их агломераты (рис. 6, б)

Заключение

Таким образом, установлено, что сульфат европия (II) кристаллизуется в ромбической сингонии, пр.гр. Pnma. Каркасная структура образована пересечением цепей $[EuO_8]_n$ и $\{[EuO_8](SO_4)_2[EuO_8]\}n$. Оптические свойства соединения находятся в полной согласованности со структурной моделью.

Разработан метод синтеза мелкодисперсных порошков сульфата европия (II) $EuSO_4$, заключающийся во взаимодействии моносульфида европия с водными растворами серной кислоты. Установлено, что проведение реакции в среде ультразвуковых колебаний приводит к существенному увеличению скорости процесса.

Список литературы

1. Denisenko Yu.G., Aleksandrovsky A.S., Atuchin V.V., Krylov A.S., Molokeev M.S., Oreshonkov A.S., Shestakov N.P., Andreev O.V. Explorationofstructural, thermal and spectroscopic properties of self-activated sulfate $Eu_2(SO_4)_3$ with isolated SO_4 groups. Journal of Industrial and Engineering Chemistry. 2018. vol. 68. P. 109–116.

2. Denisenko Yu.G., Atuchin V.V., Molokeev M.S., Aleksandrovskiy A.S., Krylov A.S., Oreshonkov A.S., Volkova S.S., Andreev O.V. Structure, thermal stability, and spectroscopic properties of triclinic double sulfate $AgEu(SO_4)_2$ with isolated SO_4 groups. Inorganic Chemistry. 2018. vol. 57. no. 21. P. 13279–13288.

3. Atuchin V.V., Aleksandrovskiy A.S., Bazarov B.G., Bazarova J.G., Chimitova O.D., Denisenko Yu.G., Gavrilova T.A., Krylov A.S., Maximovskiy E.A., Molokeev M.S., Oreshonkov A.S., Pugachev A.M., Surovtsev N.V. Exploration of structural, vibrational and spectroscopic properties of self-activated orthorhombic double molybdate $RbEu(MoO_4)_2$ with isolated MoO_4 units. Journal of Alloys and Compounds. 2019. vol. 785. P. 692–697.

4. Rubio O. Doubly-valent rare-earth ions in halide crystals Journal of Physics and Chemistry of Solids. vol. 52. P. 101–174.

5. Tanner P.A. Luminescence in solids: In: Lanthanide Luminescence.Berlin: Springer – Verlag, Heidelberg, 2010. 536 p.

6. Gahane D.H., Kokode N.S., Muthal P.L., Dhopte S.M., Moharil S.V. Luminescence of some Eu^{2+} activated bromides. Journal of Alloys and Compounds. 2009. vol. 484. P. 660–664.

7. Pustovarov V.A., Ogorodnikov I.N., Goloshumova A.A., Isaenko L.I., Yelisseyev A.P., OpticalMaterials. 2012. vol. 34. P. 926–930.

8. Yen W.M., Shionoya S., Yamamoto H. The Phosphor Handbook, Boca Raton: CRC Press. 2007. 1052 p.

9. Kim J.S., Jeon P.E., Choi J.C., Park H.L., Mho S.I., Kim G.C. Warm-white-light emitting diode utilizing a single-phase full-color $Ba_3MgSi_2O_8:Eu^{2+}$, Mn^{2+} phosphor. Applied Physics Letters. 2004. vol. 84. P. 2931.

10. Basal L.A., Yan Y., Shen Y., Haacke E.M., Mehrmohammadi M., Allen M.J.Oxidation-responsive, $Eu^{II/III}$-based, multimodal contrast agent for magnetic resonance and photoacoustic imaging. ACS Omega. 2017. vol. 2. P. 800–805.

11. Tsushima S., Nagasaki S., Suzuki A. Photochemical separation and co-precipitation of lanthanides in nitric acid solution. Journal of Photochemistry and Photobiology A: Chemistry. 1997. vol. 106. no. 1. P. 57–60.

12. Reshak A.H., Alahmed Z.A., Bila J., Atuchin V.V., Bazarov B.G., Chimitova O.D., Molokeev M.S., Prosvirin I.P., Yelisseyev A.P., Exploration of the electronic structure of monoclinic $Eu_2(MoO_4)_3$: DFT-based study and X-ray photoelectron spectroscopy, Journal of Physical Chemistry C.2016. vol. 120. P. 10559–10568.

13. Zhao D., Ma F.X., Liu B.Z., Fan Yu.Ch., Han X.F., Zhang L., Nie C.K. Syntheses, crystal structures and photoluminescence properties of two rare-earth molybdates $CsLn(MoO_4)_2$ (Ln = Eu, Tb).Zeitschrift für Kristallographie – Crystalline Materials. 2018. vol. 233. P. 73–79.

14. Atuchin V.V., Subanakov A.K., Aleksandrovsky A.S., Bazarov B.G., Bazarova J.G., Gavrilova T.A., Krylov A.S., Molokeev M.S., Oreshonkov A.S., Stefanovich S.Yu. Structural and spectroscopic properties of new noncentrosymmetric self-activated borate $Rb3EuB_6O_{12}$ with B_5O_{10} units, Materials & Design. 2018. vol. 140. P. 488–494.

УДК 628.161.3:66.065.2(571.12)

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ КОАГУЛЯНТОВ НА ОСНОВЕ ПРИРОДНЫХ КОМПОНЕНТОВ ДЛЯ ПОДГОТОВКИ ВОДЫ ЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ГОРОДА ТЮМЕНИ

Загорская А.А., Пимнева Л.А., Лапик О.И., Сидунов С.А., Щекин А.Н.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: zagorskajaaa@tyuiu.ru

На текущий момент в воде поверхностных источников водоснабжения в Тюменской области значение органолептических показателей и концентрация химических веществ превышает допустимые значения. Этот фактор значительно осложняет подготовку воды перед подачей для нужд населения и приводит к перерасходу реагентов, увеличению эксплуатационных расходов на станциях водоподготовки и снижению качества питьевой воды. В данной работе проведен анализ качества воды р. Туры как поверхностного источника хозяйственно-питьевого водоснабжения. В качестве средства очистки воды был опробован комплексный коагулянт с использованием замутнителя на базе природных материалов. Произведено сравнение условий применения различных замутнителей, входящих в состав комплексного коагулянта. Определен оптимальный состав коагулянта для действующей водоочистной станции Метелево (г. Тюмень). Проведено исследование эффективности коагуляции по основным технологическим показателям и сравнение полученных данных с используемой на действующей водоочистной станции технологией. В результате исследования была установлена возможность применения разрабатываемого коагулянта для очистки поверхностных вод, снижение концентраций сернокислого алюминия ($Al_2(SO_4)_3$) и хлорсодержащих реагентов при обработке воды, уменьшение времени коагуляции природных вод.

Ключевые слова: очистка природных вод, коагуляция, мутность, цветность, замутнители, глинистые сорбенты

THE USE OF COMPLEX COAGULANT ON THE BASIS OF NATURAL COMPONENTS FOR PREPARATION OF WATER OF TYUMEN CITY CENTRALIZED WATER SUPPLY SYSTEMS

Zagorskaya A.A., Pimneva L.A., Lapik O.I., Sidunov S.A., Shchekin A.N.

Federal State Budgetary Institution of Higher Education Tyumen Industrial University, Tyumen, e-mail: zagorskajaaa@tyuiu.ru

At the current moment in the water of surface sources of water supply the value of organoleptic indicators and the concentration of chemical substances exceed the permissible level. This factor significantly complicates the preparation and purification of water before serving for the needs of the population and leads to a waste of reagents, increase of operating costs at water treatment plants and reducing the quality of drinking water. In this article, we analyzed the water quality of the Tura River as a surface source of drinking water supply. As a means of water purification, a complex coagulant was tested using turbidities based on natural materials. A comparison of the conditions of use of various opacities, making up the complex coagulant has been made. The optimal composition of the coagulant for the existing water treatment plant Metelevo (Tyumen) is determined. A study was made of the effectiveness of coagulation according to the main technological indicators and a comparison of the data obtained with the technology used at the Metelevo water treatment plant. As a result of the study, the possibility of using the developed coagulant for cleaning surface water was established.

Keywords: natural water purification, coagulation, turbidity, water color

Вода – жизненно важный ресурс, который необходим человеку для выживания. Наличие чистой питьевой воды напрямую влияет на здоровье и благополучие населения, поэтому обеспечение чистой питьевой водой является одной из первостепенных задач [1, 2].

В настоящее время большинство поверхностных водоемов Тюменской области относятся к категории грязных и очень грязных, поэтому подача воды для хозяйственно-питьевых нужд из них без предварительной очистки невозможна, так как концентрация химических веществ и значения органолептических показателей превышают нормативно установленные значения, в связи с чем вопрос о разработке новых способов очистки встает более остро [3, 4].

Очистка воды осложняется сезонными изменениями качества воды. В осенний период это связано с поступлением большого количества дождевых вод, а в весенний талых, вследствие чего увеличивается содержание взвешенных частиц и загрязняющих веществ [5]. Также снижение температуры в зимний период, в результате чего увеличивается вязкость воды, что приводит к использованию большей дозы реагентов и повышенному содержанию остаточных веществ в очищенной воде [6].



Рис. 1. Качественные показатели воды р. Туры

Не менее важной проблемой существующих методов химической очистки воды является образование вторичных продуктов реакции, зачастую негативно влияющих на здоровье человека. В целях снижения цветности воды на действующих станциях Тюменского региона применяется метод первичного хлорирования. Содержание остаточного хлора в воде, с одной стороны, препятствует повторному загрязнению воды в процессе транспортировки, но с другой, приводит к образованию галогенорганических соединений. Основными побочными продуктами хлорирования являются тригалогенметаны – хлороформ или трихлорметан ($CHCl_3$), бромдихлорметан ($CHBrCl_2$), дибромхлорметан ($CHBr_2Cl$) и трибромметан ($CHBr_3$). Также побочными продуктами хлорирования являются галогензамещённые уксусные кислоты, галонитрилы, галокетоны, альдегиды и хлоралгидрат [7, 8]. Побочные эффекты поступления этих веществ связаны с увеличением риска развития рака, аллергических реакций, воспаления слизистых, развития сердечно-сосудистых заболеваний, а также увеличением риска неправильного развития плода при беременности [9, 10].

Основной целью данного исследования является разработка комплексного коагулянта, в состав которого будут входить естественные компоненты и проверка его эффективности на примере воды из водоема, используемого для хозяйственно-питьевых нужд.

Материалы и методы исследования

Объектом исследования является вода р. Туры, являющейся основным поверхностным источником водоснабжения г. Тюмени.

Вода реки имеет гидрокарбонатно-кальциевый [11] химический состав и отличается повышенной окисляемостью и цветностью, а также малой мутностью. В зависимости от сезона и объемов поступления в реку дождевых и талых вод значение показателей может изменяться в широком диапазоне.

На рис. 1 представлены минимальные и максимальные значения качественных показателей речной воды.

Жесткость воды находится в пределах 1,94–3,6 ммоль/дм^3, среднее значение водородного показателя составляет чуть больше 7. Значения перманганатной окисляемости колеблются от 14,28 до 28,86 мгO2 / дм^3. Цветность и мутность воды изменяются в зависимости от сезона и находятся в пределах 40–260 градусов цветности и 3,09–10,16 мг/ дм^3 соответственно [12].

Отбор проб проводился в весенний и зимний периоды 2017–2018 гг.. Все пробы были отобраны в соответствии с требованиями [13].

Места отбора проб представлены на рис. 2.



Рис. 2. Точки отбора проб

Контроль качества воды и измерение основных показателей были выполнены в соответствии с методиками [11].

Для измерения показателей качества воды до и после очистки был использован фотометр КФК-3-01.

В ходе исследования изучались следующие комбинации реагентов: сернокислый алюминий (СА), активированный уголь марки БАУ-А (АУ), полиакриламид (ПАА), каолинитовая глина (К), монтмориллонитовая глина (ММТ). Дозы замутнителей (АУ, К, ММТ), представленных в таблице, находились в пределах 1–3 мг/дм^3, дозы коагулянта (СА) – в пределах 30–50 мг/дм^3, доза флокулянта (ПАА) – 0,5–1,5 мг/дм^3.

Процесс коагуляции проводился на основании [14]. Процесс коагуляции длился 30 минут с последующим фильтрованием через бумажный фильтр.

Полученные результаты после очистки воды сравнивались с нормативными значениями, установленными в [15].

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведения процесса коагуляции с помощью проб комплексного коагулянта с использованием активированного угля в качестве замутнителя были получены следующие данные (рис. 3, 4).

Использование активированного угля в качестве замутнителя на пробах природной воды с исходным показателем мутности, равным 1,92 мг/дм^3, и цветности, равным 108 градусов, позволяет достигнуть в среднем 90 % эффекта очистки, что превосходит используемую на Метелёвской водоочистной станции систему на 10–15 %.

Активированный уголь продемонстрировал лучшие показатели по снижению цветности, являющейся характерной особенностью тюменских природных вод. При исследовании образовавшегося в результате коагуляции с участием БАУ-А осадка на электронном спектрометре были получены следующие результаты (рис. 4).

Как видно из полученных данных, осадок имеет пористую структуру, что позволяет сорбировать содержащиеся в воде загрязняющие вещества. Так как основным химическим веществом в составе осадка является углерод, это позволяет произвести регенерацию при помощи прокаливания и, в последующем, повторно использовать его в качестве замутнителя.

Выводы

В результате работы установлены эффекты внедрения природных замутнителей. Произведена сравнительная оценка эффективности природных материалов, входящих в состав комплексного коагулянта, по отношению друг к другу. Получены предпосылки для исследования сорбционной способности разрабатываемых материалов.

Характеристики замутнителей

Наименование замутнителя	Эквивалентный диаметр, мм	Пористость	Удельная площадь поверхности пор, м^2/м^3
БАУ-А	2,2	0,82	4800
Каолинит	0,52	0,9	1420
Монтмориллонит	0,8	0,78	1680

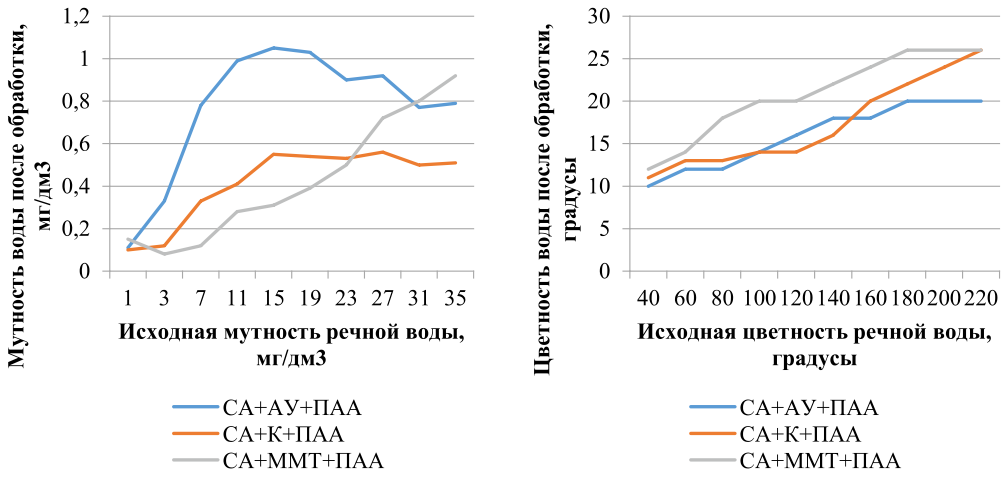
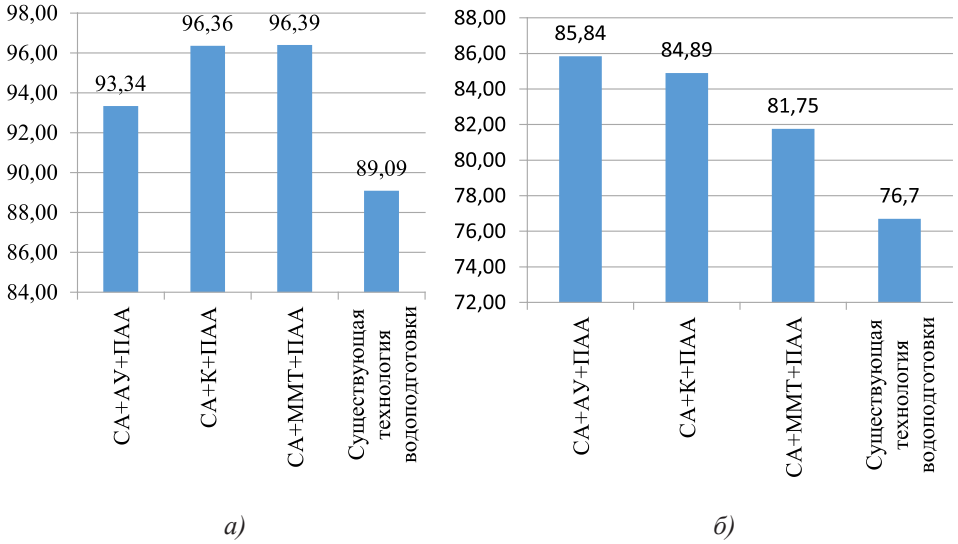


Рис. 3. Значения технологических показателей работы станции водоподготовки после использования замутнителей



а) *б)*

Рис. 4. Эффективность очистки разрабатываемой и существующей технологий: а) по мутности, б) по цветности

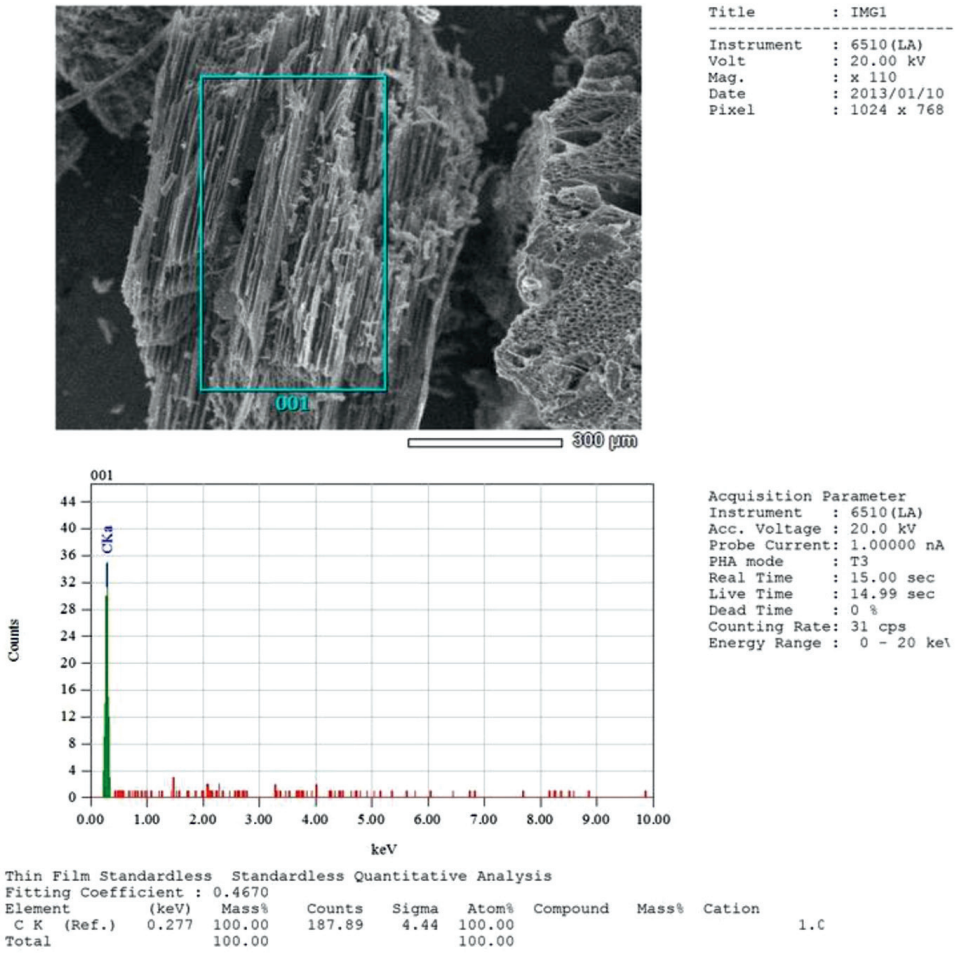


Рис. 5. Результаты исследования осадка с применением электронного спектрометра

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод о пригодности к использованию исследуемых комбинированных коагулянтов для очистки воды из поверхностного источника. Полученные данные служат поводом для дальнейшего исследования оптимальной концентрации реагентов и подбора формы использования коагулянта в качестве конечного продукта.

Список литературы

1. Магомета С.Д. Факторы окружающей среды и состояние здоровья населения / Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2011. № 141. С. 141–149.

2. Лапик О.И., Сидунов С.А., Щекин А.Н., Загорская А.А. Экологическая оценка методов очистки на водохозяйственных объектах Тюмени // Энергосбережение и инновационные технологии в топливно-энергетическом комплексе: материалы Междун. науч.-практ. конф. студ., аспир., молодых уч. и спец. Тюмень: ТИУ, 2018. Т. 2. С. 171–174.

3. Лапшин А.П., Игнатьева Л.П. Особенности химического состава питьевой воды города Тюмени // Сибирский медицинский журнал. 2014. № 8. С. 79–82.

4. Шишов С.Ю., Трошкова Е.А., Жукова В.Я., Смирнов А.Д., Давлятерова Р.А., Смагин В.А. Повышение барьерных функций Метелевских водоочистных сооружений г. Тюмени // Водоснабжение и санитарная техника. 2014. № 6. С. 32–38.

5. Ермакова Н.А., Архипова А.Р., Крапотина П.В., Сиюткина А.Ю., Фахрутдинова Л.К. Гидрохимическое состояние тюменских источников хозяйственно-питьевого водоснабжения в весенне-летний период / // Вестник Тюменского государственного университета (Экология). 2014. № 12. С. 38–149.

6. Черников Н.А., Наврузова А.С., Попова М.В. Применение коагуляции, флокуляции и флотации при очистке воды // Бюллетень результатов научных исследований. 2012. С. 182–187.

7. Амин Абдулфаттах Ахмад Амин, Андрианов А.П. Образование и пути снижения содержания тригалогенметанов в водопроводной воде Багдада // Политематический сетевой электронный научный журнал. КубГАУ. 2013. № 91 (07). 20 с.

8. Луцевич И.Н. Гигиеническая оценка трансформации сложных органических веществ, образующихся в результате обеззараживания питьевой воды хлором // Казанский медицинский журнал. 2003. Т. 84. № 2. С. 142–145.

9. Коньшина Л.Г., Лежнин В.Л. Оценка качества питьевой воды и риска для здоровья населения // Гигиена и санитария. 2014. № 3. С. 5–10.

10. Драгинский В.Л., Алексеева Л.П. Образование токсичных продуктов при использовании различных окислителей для очистки воды // Водоснабжение и санитарная техника. 2002. № 2. С. 9–14.

11. ГОСТ Р 51232-98. Вода питьевая. Общие требования к организации и методам контроля качества. М.: ФГУП «Стандартинформ», 2010. 18 с.

12. Турнаева Е.А., Сидоренко О.В., Прикащикова М.С., Турнова М.Н. Изменение качественных характеристик воды в результате вторичного загрязнения в водопроводных сетях города Тюмени // Современные наукоемкие технологии. 2015. № 12. С. 53–57.

13. ГОСТ Р 51592-2000 Вода. Общие требования к отбору проб. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. 50 с.

14. ГОСТ Р 51642-2000 Коагулянты для хозяйственно-питьевого водоснабжения. Общие требования и метод определения эффективности. М.: ИПК Изд-во стандартов, 2000. 15 с.

15. СанПиН 2.1.4.1074-01 Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения. М.: Издательство «Технорматив», 2006. 21 с.

УДК 62-19:621.874:303.732

СНИЖЕНИЕ РАЗМЕРНОСТИ В ЗАДАЧАХ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА МОСТОВЫХ КРАНОВ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Извеков Ю.А., Гугина Е.М., Анисимов А.Л., Шеметова В.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: yurij.izvekov@mail.ru

Показано применение метода главных компонент в задачах оценки качества сложной технической системы – конструкции металлургического мостового крана для снижения размерности данных. Качество представляет собой большое количество разнородных данных, поэтому такая задача предстаялется достаточно актуальной. Главные компоненты представляют собой ортогональную систему координат, в которой дисперсии компонент характеризуют их статистические свойства. Метод главных компонент еще связан с получением наилучшей проекции точек наблюдения в пространстве меньшей размерности. Выделены пятнадцать показателей, которые влияют на конструкцию крана. Выполнен известный алгоритм метода главных компонент. Вычисления проводились при помощи MS-Excel и Maple 17. На основании полученных данных использовались два максимальных собственных значения, которые несут информационную нагрузку. Для собственных значений построены векторы состояния характеристик конструкции. На основании полученных данных сделан вывод о том, что основными показателями качества таких объектов являются показатели надежности, безопасности и экономические показатели. Размерность снижена с пятнадцати компонент до девяти. Исследована точность метода, показано, что две компоненты несут информационную нагрузку в 65,5%. Это говорит о том, что исследование методом главных компонент проведено успешно, а снижение размерности не приводит к потере информации.

Ключевые слова: снижение размерности, качество, главные компоненты, собственные значения, собственные векторы

DECREASE IN DIMENSION IN PROBLEMS OF ASSESSMENT OF QUALITY OF BRIDGE CRANES OF THE METALLURGICAL ENTERPRISE

Izvekov Yu.A., Gugina E.M., Anisimov A.L., Shemetova V.V.

Magnitogorsk State Technical University of G.I. Nosov, Magnitogorsk, e-mail: yurij.izvekov@mail.ru

Application of a method main a component in problems of assessment of quality of a complex technical system – designs of the metallurgical bridge crane for decrease in dimension of data is shown. The quality represents a large number of diverse data therefore such task predstayaltsya by rather relevant. The main components represent the orthogonal system of coordinates in which dispersions a component characterize their statistical properties. The method main a component is still connected with receiving the best projection of points of observation in space of smaller dimension. Fifteen indicators which influence a crane design are allocated. The known algorithm of a method main a component is executed. Calculations were carried out by means of MS-Excel and Maple 17. On the basis of the obtained data two maximum own values which bear information loading were used. For own values vectors a condition of characteristics of a design are constructed. On the basis of the obtained data the conclusion is drawn that key indicators of quality of such objects are indicators of reliability, safety and economic indicators. The dimension is reduced from fifteen a component to nine. Method accuracy is investigated, it is shown that two components bring information loading to 65.5%. It means that the research main a component is conducted by method successfully, and decrease in dimension does not lead to loss of information.

Keywords: decrease in dimension, quality, main components, own values, own vectors

Деятельность любого предприятия всегда необходимо оценивать, то есть оценивать показатели качества производства и эксплуатации. В предыдущих работах [1, 2] показана важность рассмотрения показателей качества элементов кранового оборудования металлургических предприятий – конструкций мостовых кранов как сложной технической системы. Международный стандарт ГОСТ Р ИСО 9000-2015 [3] предусматривает тщательную разработку измеримых показателей деятельности для облегчения проведения мониторинга оценки деятельности. Согласно ГОСТ Р ИСО 9000-2015 лишь тщательно продуманные показатели облегчают проведение мониторинга и оценки деятельности. Качество объединяет большое множество характеристик и показателей. Поэтому с целью определения наиболее значимых показателей целесообразно произвести снижение размерности пространства разнородных данных.

Таким образом, снижение размерности данных в задачах оценки качества сложных технических систем металлургических предприятий представляет собой актуальную и важную проблему.

Выделение показателей качества, значения которых оказывают существенное влияние на производственную и эксплуатационную деятельность, очень важно в дальнейшем для принятия управленческих решений.

Целью данной статьи является количественное модельное снижение размерности показателей качества элементов конструкции металлургических мостовых кранов.

Материалы и методы исследования

Различают большое количество многомерных методов снижения размерности: компонентный анализ, метод опорных векторов, метод неотрицательной матричной факторизации, метод нелинейного снижения размерности и визуализации многомерных данных t-SNE [4–6]. Однако практически все методы за исключением компонентного анализа требуют больших трудоемких вычислительных затрат. В наиболее выгодном положении здесь оказывается метод главных компонент, потому что имеется дополнительная информация о состоянии рассматриваемых конструкций кранов. В методе главных компонент линейные комбинации случайных величин определяются характеристическими векторами ковариационной матрицы. Главные компоненты представляют собой ортогональную систему координат, в которой дисперсии компонент характеризуют их статистические свойства.

На основе [1, 2, 7, 8] выделим 15 показателей конструкции металлургического мостового крана, известных в процессе эксплуатации металлургического предприятия на протяжении 15 лет, и представим в табл. 1.

Таблица 1

Показатели качества эксплуатации конструкции

Показатели качества эксплуатации конструкции		
Надежность	1	Количество конструкций, шт
	2	Число наработанных циклов, циклы
	3	Наработка без вынужденных перерывов, %
	4	Уровень ремонтопригодности, %
	5	Показатели надежности, %
	6	Выполнение руководств эксплуатации, %
	7	Экономические показатели, %
Безопасность	8	Аварийные события, к-во
	9	Тяжелонагруженные режимы работы, %
	10	Нарушения стандартов качества эксплуатации, %
	11	Нарушения требований руководств эксплуатации, %
	12	Нарушения технического обслуживания, %
	13	Социальные и индустриальные риски, к-во
	14	Экологические риски, к-во
	15	Техногенные риски, к-во

В показателях надежности учитываются и экономические. Реализуем метод главных компонент [6].

В табл. 2 представлены показатели процессов по годам (г) эксплуатации и их нормированные данные.

Нормирование показателей необходимо для последующей обработки данных.

С целью получения нормированных данных по каждому показателю вычислено среднее значение (X), среднее квадратическое отклонение S (стандартное отклонение) (1).

$$S = \sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}(x_i - X)^2}, \quad (1)$$

где X – среднее значение.

С помощью полученных данных произведено нормирование переменных по формуле (2).

$$u_i = \frac{(x_i - X)}{S}. \quad (2)$$

Далее построена матрица корреляции (3).

$$r = \frac{\sum_{i=1}^{n}((x_i - \overline{x})(y_i - \overline{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n}(x_i - \overline{x})^2 \sum_{i=1}^{n}(y_i - \overline{y})^2}}. \quad (3)$$

Во всех случаях воспользуемся стандартными функциями MS-Excel и его надстройкой «Анализ данных».

Затем были найдены собственные значения λ и собственные векторы следующего вида (4).

$$\lambda_n \begin{pmatrix} x_{n1} \\ x_{n\ldots} \\ x_{n15} \end{pmatrix}. \quad (4)$$

Матрица в табл. 3 обозначена как исходная (5) и сформирована симметричная матрица с отрицательными значениями λ (6).

$$A = \begin{pmatrix} a_{11} & \cdots & a_{115} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{151} & \cdots & a_{15\,15} \end{pmatrix}, \quad (5)$$

$$\Lambda = \begin{pmatrix} -\lambda & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & -\lambda \end{pmatrix}. \quad (6)$$

Через определитель (детерминант) суммы матриц Λ и A получено выражение (7), правая часть которого является характеристическим уравнением (8), решение которого необходимо для нахождения собственных значений матрицы.

$$\det(A + \Lambda) = k_{15}{}^{15} + k_{\ldots}{}^{15-n} + \ldots + k_1, \quad (7)$$

$$k_{15}{}^{15} + k_{\ldots}{}^{15-n} + \ldots + k_1 = 0, \quad (8)$$

где k – коэффициент, полученный при нахождении определителя.

Корни уравнения $\lambda_1, \lambda_2 \ldots \lambda_{15}$ есть собственные значения матрицы.

После этого для каждого собственного значения (15 значений) построена матрица 9 для последующего нахождения собственных векторов матрицы.

$$\Lambda_n = \begin{pmatrix} \lambda_n & \cdots & 0 \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & \cdots & \lambda_n \end{pmatrix}. \quad (9)$$

Результаты исследования и их обсуждение

Алгоритм метода главных компонент иллюстрируют табл. 2 и 3.

Таблица 2

Нормирование показателей эксплуатации конструкции

Показатели	r	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
	1	15	18000	95	90	95	100	100	0	100	1	15	10	0	0	0
	2	15	19000	95	90	90	100	99	0	100	1	14	2	0	0	0
	3	15	20000	95	85	95	95	99	0	100	1	13	2	0	0	0
	4	15	17000	90	85	95	95	100	1	100	5	12	3	1	1	1
	5	14	16000	90	85	95	95	99	2	100	6	11	5	2	1	1
	6	14	18000	90	70	90	90	100	5	100	7	10	11	5	4	4
	7	15	18000	85	75	90	90	100	1	90	8	2	12	1	1	1
	8	13	19000	85	80	95	90	100	0	90	2	3	5	0	0	0
	9	13	20000	85	85	95	100	90	0	95	1	5	5	0	0	0
	10	13	18000	80	75	85	95	80	3	95	1	5	5	3	1	2
	11	14	18000	80	80	85	85	85	4	95	1	4	3	4	4	4
	12	12	18000	80	80	85	80	80	2	95	5	3	2	2	1	0
	13	15	18000	70	70	85	95	80	1	90	3	2	2	1	1	1
	14	14	18000	70	60	80	95	80	0	90	1	1	1	0	0	0
	15	14	18000	65	60	80	95	85	1	95	2	2	2	1	1	1
X		14	18200	83,667	78	89,333	93,333	91,8	1	95,667	3	6,8	4,667	1	1	1
S		0,747	693,333	7,600	7,733	4,800	4,222	8,347	1,244	3,467	2,133	4,560	2,711	1,244	0,800	0,933
Нормированные показатели	1	1,250	–0,288	1,491	1,552	1,181	1,579	0,982	–1,071	1,250	–0,938	1,798	1,967	–1,071	–1,250	–1,071
	2	1,250	1,154	1,491	1,552	0,139	1,579	0,863	–1,071	1,250	–0,938	1,579	–0,984	–1,071	–1,250	–1,071
	3	1,250	2,596	1,491	0,905	1,181	0,395	0,863	–1,071	1,250	–0,938	1,360	–0,984	–1,071	–1,250	–1,071
	4	1,250	–1,731	0,833	0,905	1,181	0,395	0,982	–0,268	1,250	0,938	1,140	–0,615	–0,268	0,000	0,000
	5	–0,089	–3,173	0,833	0,905	1,181	0,395	0,863	0,536	1,250	1,406	0,921	0,123	0,536	0,000	0,000
	6	–0,089	–0,288	0,833	–1,034	0,139	–0,789	0,982	2,946	1,250	1,875	0,702	2,336	2,946	3,750	3,214
	7	1,250	–0,288	0,175	–0,388	0,139	–0,789	0,982	–0,268	–1,635	2,344	–1,053	2,705	–0,268	0,000	0,000
	8	–1,429	1,154	0,175	0,259	1,181	–0,789	0,982	–1,071	–1,635	–0,469	–0,833	0,123	–1,071	–1,250	–1,071
	9	–1,429	2,596	0,175	0,905	1,181	1,579	–0,216	–1,071	–0,192	–0,938	–0,395	0,123	–1,071	–1,250	–1,071
	10	–1,429	–0,288	–0,482	–0,388	–0,903	0,395	–1,414	1,339	–0,192	–0,938	–0,395	0,123	1,339	0,000	1,071
	11	–0,089	–0,288	–0,482	0,259	–0,903	–1,974	–0,815	2,143	–0,192	–0,938	–0,614	–0,615	2,143	3,750	3,214
	12	–2,768	–0,288	–0,482	0,259	–0,903	–3,158	–1,414	0,536	–0,192	0,938	–0,833	–0,984	0,536	0,000	–1,071
	13	1,250	–0,288	–1,798	–1,034	–0,903	0,395	–1,414	–0,268	–1,635	0,000	–1,053	–0,984	–0,268	0,000	0,000
	14	–0,089	–0,288	–1,798	–2,328	–1,944	0,395	–1,414	–1,071	–1,635	–0,938	–1,272	–1,352	–1,071	–1,250	–1,071
	15	–0,089	–0,288	–2,456	–2,328	–1,944	0,395	–0,815	–0,268	–0,192	–0,469	–1,053	–0,984	–0,268	0,000	0,000

Таблица 3

Матрица корреляции

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1	1	–0,088	0,283	0,132	0,207	0,490	0,462	–0,249	0,256	0,059	0,473	0,153	–0,249	–0,057	0
2	–0,088	1	0,140	0,154	0,150	0,190	0,028	–0,399	0,118	–0,534	–0,019	–0,119	–0,399	–0,323	–0,31
3	0,283	0,140	1	0,847	0,847	0,224	0,817	–0,063	0,698	0,134	0,853	0,407	–0,063	–0,086	–0,082
4	0,132	0,154	0,847	1	0,8	0,201	0,563	–0,211	0,571	–0,089	0,712	0,125	–0,211	–0,227	–0,246
5	0,207	0,150	0,847	0,800	1	0,304	0,818	–0,253	0,477	0,152	0,66	0,38	–0,253	–0,242	–0,233
6	0,490	0,190	0,224	0,201	0,304	1	0,27	–0,539	0,282	–0,41	0,457	0,006	–0,539	–0,539	–0,377
7	0,462	0,028	0,817	0,563	0,818	0,270	1	–0,164	0,506	0,334	0,685	0,533	–0,164	–0,078	–0,075
8	–0,249	–0,399	–0,063	–0,211	–0,253	–0,539	–0,164	1	0,18	0,395	–0,08	0,274	1	0,927	0,924
9	0,256	–0,118	0,698	0,571	0,477	0,282	0,506	0,180	1	0,034	0,904	0,088	0,18	0,131	0,126
10	0,059	–0,534	0,134	–0,089	0,152	–0,410	0,334	0,395	0,034	1	–0,034	0,528	0,395	0,37	0,272
11	0,473	–0,019	0,853	0,712	0,660	0,457	0,685	–0,080	0,904	–0,034	1	0,178	–0,08	–0,097	–0,073
12	0,153	–0,119	0,407	0,125	0,380	0,006	0,533	0,274	0,088	0,528	0,178	1	0,274	0,261	0,295
13	–0,249	–0,399	–0,063	–0,211	–0,253	–0,539	–0,164	1,000	0,180	0,395	–0,080	0,274	1	0,927	0,924
14	–0,057	–0,323	–0,086	–0,227	–0,242	–0,539	–0,078	0,927	0,131	0,370	–0,097	0,261	0,927	1	0,961
15	0,000	–0,310	–0,082	–0,246	–0,233	–0,377	–0,075	0,924	0,126	0,272	–0,073	0,295	0,924	0,961	1

Затем произведено сложение исходной матрицы (5) с матрицей (9).

$$B_n = A + \Lambda_n = \begin{pmatrix} a_{11} + \lambda_n & \cdots & a_{115} + \lambda_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{151} + \lambda_n & \cdots & a_{1515} + \lambda_n \end{pmatrix} \quad (10)$$

и умножение матрицы (9) на искомый собственный вектор:

$$B_n X_n = \begin{pmatrix} a_{11} + \lambda_n & \cdots & a_{115} + \lambda_n \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ a_{151} + \lambda_n & \cdots & a_{1515} + \lambda_n \end{pmatrix} \begin{pmatrix} x_{1n} \\ \vdots \\ x_{15n} \end{pmatrix}. \quad (11)$$

Полученная матрица представлена в виде системы уравнений (12)

$$\begin{cases} (a_{11} + \lambda_n)x_{1n} + \ldots + (a_{115} + \lambda_n)x_{1n} = 0 \\ \cdots \\ (a_{151} + \lambda_n)x_{15n} + \ldots + (a_{1515} + \lambda_n)x_{15n} = 0 \end{cases}. \quad (12)$$

Выражены корни уравнений через общий множитель c (13).

$$\begin{matrix} x_{1n} = p_1 c \\ \vdots \\ x_{15n} = p_{15} c \end{matrix}. \quad (13)$$

Далее записаны корни системы уравнений в виде вектора (14)

$$X_n = \begin{pmatrix} x_{1n} \\ \vdots \\ x_{15n} \end{pmatrix} = c \begin{pmatrix} p_1 \\ \vdots \\ p_{15} \end{pmatrix}. \quad (14)$$

Где p определяются при операции (10), а c – выбран произвольным положительным минимальным значением, и X_n собственный вектор.

Все вычисления были выполнены в пакете Maple 17: были найдены собственные значения λ и собственные векторы, удовлетворяющие соотношению (4).

Из 15 столбцов (значений λ) выбраны два значения λ, берущие на себя всю информационную нагрузку (два максимальных значения λ).

На основе табл. 4 построен график (рисунок): собственный вектор, соответствующий собственному значению 4,362 (синяя линяя); собственный вектор, соответствующий по величине собственному значению 5,458 (красная линия).

Таблица 4

Таблица максимальных собственных значений и собственных векторов

		Lambda	
		4,362	5,458
Показатели	1	–0,143	–0,186
	2	0,172	–0,076
	3	0,346	–0,173
	4	0,312	–0,662
	5	0,657	0,139
	6	–0,219	–0,533
	7	–0,282	0,225
	8	0,001	–0,225
	9	0,310	0,165
	10	0,156	0,064
	11	–0,018	0,190
	12	–0,045	–0,153
	13	0,151	0,125
	14	–0,197	0,123
	15	0,001	–0,006

В соответствии с полученным графиком производится отбор показателей, оказывающих наибольшее влияние на качество конструкции.

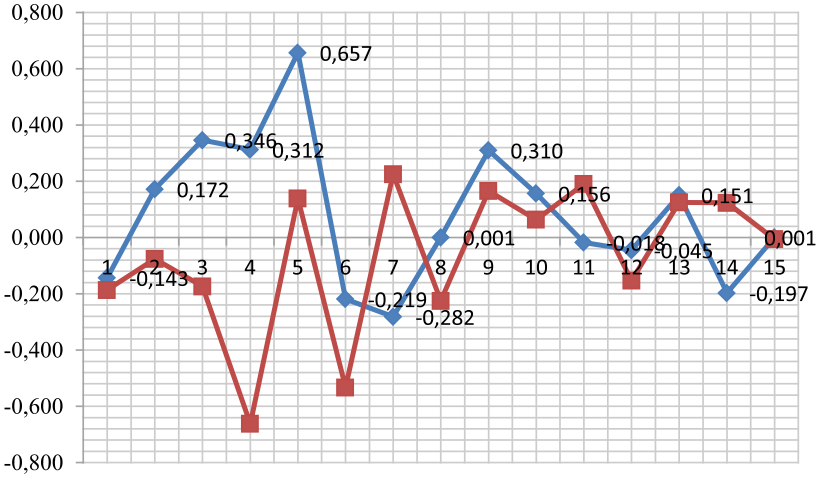


График показателей качества эксплуатации конструкции

Максимальные значения в области качества приняли значения «Показатели надежности» (5). Под показателями надежности понимаем безотказность, ремонтопригодность, долговечность. Кроме этого, максимальные значения векторов наблюдаем у показателей безопасности (9) и экономических показателей (7).

Исходя из этого, можно сделать вывод о том, что наибольшее влияние на качество элементов кранового оборудования металлургического предприятия оказывают показатели надежности, безопасности и экономические показатели.

Минимальные значения в области качества имеют показатели, связанные с количеством конструкций (1). Но это говорит лишь о том, что оценка качества каждой конструкции стандартизирована.

После анализа была проверена точность результатов анализа, с помощью формулы (15).

$$\text{Удельный вклад } i\text{-й главной компоненты} = \frac{\lambda_i}{\text{Размер выборки}} * 100. \qquad (15)$$

Удельный вклад первой главной компоненты равен 29,1 %, удельный вклад второй главной компоненты равен 36,4 %. Суммарные вклады по двум главным компонентам равны 65,5 %.

Таким образом, доля дисперсии первых двух компонент составляет 65,5 % (из 15 компонент). Следовательно, данные из первых двух компонент могут быть использованы как определяющие, потому что вклад других принимается несущественным, так как составляет менее 40 %. В этом случае анализ методом главных компонент можно считать удовлетворительным.

К наиболее значимым показателям надежности отнесем вероятность безотказной работы конструкции, уровень ее ремонтопригодности и долговечности, а показателям безопасности – режимы работы металлургических мостовых кранов, а также риски, связанные с их эксплуатацией.

Выводы

Оценка качества сложных технических систем представляет собой трудную задачу, потому что это понятие включает большое количество характеристик и показателей. Возникает необходимость выделения основных показателей качества рассматриваемых конструкций.

На сегодняшний день представляется эффективным многомерный метод снижения размерности данных – метод главных компонент.

Применение метода главных компонент структурирует показатели посредством сведения множества переменных к меньшему числу переменных, которые объясняют большую часть вариации в значениях исследуемых данных.

В данном исследовании из 15 показателей (7 показателей надежности и 8 показателей безопасности) были выявлены наиболее значимые 9 показателей, которые оказывают существенное влияние на качество эксплуатации элементов кранового оборудования:

показатели надежности (5 показателей):

– число наработанных циклов (2);

– наработка без вынужденных перерывов (3);

– уровень ремонтопригодности (4);

– показатели надежности (5);

– экономические показатели;

и показатели безопасности (4 показателя):

– тяжелонагруженные режимы работы (9);

– нарушения стандартов качества эксплуатации (10);

– нарушения требований руководств эксплуатации (11);

– социальные и индустриальные риски (13).

Список литературы

1. Извеков Ю.А. Совершенствование методологии повышения качества кранового оборудования металлургических предприятий на основе теории риск-анализа // Живучесть и конструкционное материаловедение (ЖивКом 2018): научные труды 4-й Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию ИМАШ РАН. 2018. С. 124–125.

2. Извеков Ю.А. Моделирование прогнозирования риска несущих конструкций кранов металлургического производства // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2012. Т. 1. № 70. С. 6–8.

3. ГОСТ Р ИСО 9000-2015. Системы менеджмента качества. Основные положения и словарь (с Поправкой). М.: Стандартинформ, 2015. 53 с.

4. Орлов А.И. Прикладная статистика. 2-е испр. изд. М.: НОУ «Интуит», 2016. 947 с.

5. Горяинова Е.Р., Панков А.Р., Платонов Е.Н. Прикладные методы анализа статистических данных: учеб. пособие. М.: ИД ГУ ВШЭ, 2012. 310 с.

6. Мхитарян В.С. Анализ данных. Учебник. М.: Юрайт, 2016. 492 с.

7. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты. В 4-х ч. // Ч. 1. Основы анализа и регулирования безопасности: научн. руковод. К.В. Фролов. М.: МГФ «Знание», 2006. 640 с.

8. Хроника аварий // Вестник промышленной безопасности [Электронный ресурс]. URL: https://www.vestipb.ru/chronicle.html (дата обращения: 16.03.2019).

УДК 681.5

ИССЛЕДОВАНИЕ МНОГОСВЯЗНОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ С ЗАПАЗДЫВАНИЕМ МЕТОДОМ ДЕКОМПОЗИЦИИ

Ильясов Б.Г., Саитова Г.А., Елизарова А.В.

Уфимский государственный авиационный технический университет, Уфа, e-mail: elizarovaanastasia@gmail.com

Задача управления объектами с запаздыванием довольно непростая. Наличие задержки в контуре управления приводит к возрастанию фазового сдвига, что способно спровоцировать неустойчивость замкнутой системы, кроме всего прочего при наличии небольших коэффициентов усиления регулятора. Проблема еще больше усугубляется, если объект управления многомерный. В работе исследуется многосвязная система автоматического управления отдельно и одновременно с запаздыванием в прямых и перекрестных каналах связи. Предлагается оценка критического значения запаздывания на основе системного подхода к описанию многосвязной системы в сочетании с частотными методами анализа устойчивости. Разработана методика оценки критического значения запаздывания в прямых и перекрестных связях многосвязной системы автоматического управления с помощью метода декомпозиции. Еще одна задача, решаемая в работе – определение устойчивости многосвязной системы с запаздыванием в подсистемах и связях с помощью системного подхода для описания многосвязной системы автоматического управления через характеристики связей и характеристики подсистем. В работе приведены примеры, наглядно демонстрирующие использование предложенных методик и для нахождения критического значения запаздывания, и для оценки устойчивости МСАУ. Результаты исследования подтверждены путем моделирования с использованием пакета MATLAB SIMULINK.

Ключевые слова: запаздывание, устойчивость, многосвязная система автоматического управления, перекрестные связи, прямые каналы, метод декомпозиции, критическое запаздывание, характеристическое уравнение

INVESTIGATION OF MULTI-CONNECTED SYSTEM OF AUTOMATIC CONTROL WITH DELAY DECOMPOSITION METHOD

Ilyasov B.G., Saitova G.A., Elizarova A.V.

Ufa State Aviation Technical University, Ufa, e-mail: elizarovaanastasia@gmail.com

The problem of controlling objects with time delay is quite complicated. The presence of a delay in the control loop leads to an increase in the phase shift, which can provoke instability of the closed system, including in the presence of small gain factors of the regulator. The problem is get worse if the control object is multidimensional. In article investigates a multi-connected automatic control system separately and concurrently with delay in direct and cross communication channels. The estimation of the critical value of the delay on the basis of a systematic approach to the description of a multi-connected system in combination with frequency methods of stability analysis is proposed. The technique of estimation of the critical value of delay in direct and cross-links of a multi-connected automatic control system using the decomposition method is developed. Another problem solved in this article is to determine the stability of a multi-connected system with delay in subsystems and connections using a system approach to describe a multi-connected automatic control system through the characteristics of connections and characteristics of subsystems. In article presents examples that demonstrate the use of the proposed techniques and to find the critical value of the delay, and to assess the stability of the MCSAC. The results of the study were confirmed by simulation using MATLAB SIMULINK package.

Keywords: delay, stability, multi-connected automatic control system, cross-links, direct channels, decomposition method, critical delay, characteristic equation

В работе исследуется многосвязная система автоматического управления (МСАУ), где одновременно осуществляется регулирование нескольких взаимосвязанных координат и наблюдается явление запаздывания. Далее будем рассматривать однотипную МСАУ – многосвязная система с одинаковыми подсистемами.

Задача управления объектами с запаздыванием довольно непростая. Наличие задержки в контуре управления приводит к возрастанию фазового сдвига, что способна спровоцировать неустойчивость замкнутой системы, а именно при наличии небольших коэффициентах усиления регулятора. Проблема еще больше усугубляется, если объект управления многомерный.

Постановка задачи: рассматривается линейная многосвязная система автоматического управления, состоящая из множества однородных сепаратных подсистем и связей через многомерный объект управления:

$$\begin{cases} X(s) = W(s,\tau)U(s), \\ U(s) = R(s)(X^0(s) - X(s)), \end{cases} \quad (1)$$

где $X^0(s)$, $X(s)$, $U(s)$ – векторы задающих, регулируемых, управляющих воздействий соответственно; $W(s,\tau) = \left\| W_{ij}(s,\tau) \right\|_{n\times n}$ – матричная передаточная функция (МПФ) многомерного объекта по управляю-

щим воздействиям, с запаздыванием; $R(s) = diag\{R_1(s), R_2(s), ..., R_n(s)\}$ – МПФ сепаратных регуляторов.

С целью изучения МСАУ с запаздыванием используется подход, представленный в труде [1], при котором линейная МСАУ описывается на уровне физических подсистем и многомерных элементов связи между ними.

Цель исследования: разработка методов оценки критического значения запаздывания в прямых и перекрестных связях МСАУ с помощью метода декомпозиции, на основе описания системы через характеристики связей и характеристики подсистем [1].

Материалы и методы исследования

Рассмотрим однородную МСАУ с запаздыванием в подсистемах. Поскольку подсистемы однотипные, то их передаточные функции (ПФ) можно представить как

$$R_1 W_{11} e^{-\tau s} = R_2 W_{22} e^{-\tau s} = ... = R_n W_{nn} e^{-\tau s} = RWe^{-\tau s}, \quad (2)$$

а ПФ индивидуальных характеристик подсистем примут вид [1]:

$$\Phi_{ii}(\tau, s) = \frac{R_i(s) W_{ii}(s) e^{-\tau s}}{1 + R_i(s) W_{ii}(s) e^{-\tau s}} = \frac{R(s) W(s) e^{-\tau s}}{1 + R(s) W(s) e^{-\tau s}}, \ \Phi_{ii}(\tau, s) = \Phi(\tau, s), \ i = \overline{1, n}. \quad (3)$$

Для полной МСАУ, состоящей из n подсистем и соответствующей системы уравнений (1), характеристика связи (ХС) в общем виде между k подсистемами имеет вид

$$h_k(s) = \frac{\det\left[W_{ij}(s)\gamma_{ij}\right]_{k\times k}}{\det\left[W_{ij}(s)\delta_{ij}\right]_{k\times k}}, \ \gamma_{ij} = \begin{cases} 0, \ i = j, \\ 1, \ i \neq j, \end{cases} \ \delta_{ij} = \begin{cases} 1, \ i = j, \\ 0, \ i \neq j, \end{cases} \ k = \overline{2, n}, \ i = \overline{1, n}; \ j = \overline{1, n}.$$

Характеристическое уравнение однотипной МСАУ имеет вид

$$D(\Phi, h) = 1 + h_2(s)\Phi^2(s) + h_3(s)\Phi^3(s) + ... + h_n(s)\Phi_n(s) = 0. \quad (4)$$

Перепишем равенство (4) сравнительно разомкнутых подсистем $W(\tau, s) = RWe^{-\tau s}$ в общем виде для удобства вычисления критического значения запаздывания $\tau_к$ [2]:

$$D(W, h) = \binom{n}{0} + \binom{n}{1} W(\tau, s) + \left(\binom{n}{2} + h_2\right) W^2(\tau, s) + .. + \left(\binom{n}{n} + \sum_{i=2}^{n} h_i\right) W^n(\tau, s) = 0. \quad (5)$$

Проанализируем уравнение связей

$$D(a) = \binom{n}{0} + \binom{n}{1} x + \left(\binom{n}{2} + h_2\right) x^2 + .. + \left(\binom{n}{n} + \sum_{i=2}^{n} h_i\right) x^n = 0, \quad (6)$$

относительно переменной x, что выходит из (5) с помощью подстановки $W(\tau, s) = x$, где запаздывание в подсистемах.

Перенеся на комплексную плоскость годограф функции $W(j\omega)$ с запаздыванием, а также корни характеристического уравнения связи (6) $x_i, i = \overline{1, n}$, можно найти критическое значение запаздывания $\tau_{iкр}$ [3].

Критическое запаздывание находится в точке пересечения корня уравнения (6) $x_i^*(j\omega)$ и годографа подсистемы $W(j\omega)$. В МСАУ для нахождения критического значения запаздывания $\tau_{кр}$ необходимо, чтобы годограф $W(j\omega)$ построенный на одной комплексной плоскости с корнями уравнения (6), проходил через ближайший из них и не охватывал при этом другие корни, то есть МСАУ оказывается на границе устойчивости. Значения $\omega_{iср}$ (частота среза) и $\tau_{iкр}$ определяются из выражения: $x_i^*(j\omega) = W(j\omega, \tau)$. Из этого условия получаем систему из двух уравнений относительно τ и ω_0 [4]:

$$|W(\tau, \omega_0)| = |x_i^*(j\omega)|, \ \arg W(\tau, \omega_0) = \arg x_i^*(j\omega). \quad (7)$$

Минимальным из найденных значений τ_i является критическое значение запаздывания $\tau_{кр} = \min\{\tau_i\}$, $i = \overline{1, n}$ [4].

Результаты исследования и их обсуждение

Пример 1. Многосвязная система автоматического управления с запаздыванием в подсистемах.

В качестве примера рассмотрим двусвязную систему. Объектом исследования является многомерный объект с запаздыванием в подсистемах. ПФ разомкнутой подсистемы равна

$$W = RWe^{-\tau s} = \frac{e^{-\tau s}}{0{,}8s^2 + s},$$

характеристика связи $h_2 = 0{,}2$ [5].

Характеристическое уравнение системы:

$$1 + 2W + (1 + h_2)W^2 = 0.$$

Корни уравнения связи $1 + 2x + (1{,}2)x^2 = 0$ равны:

$$x_1 = -0{,}56 + 0{,}5j; \ x_2 = -0{,}56 - 0{,}5j.$$

С целью расчета значения критического запаздывания используем графоаналитический метод, который эффективен в случае, если нет необходимости в высокой точности решений дифференциальных уравнений низкого порядка. В зависимости от способа построения графиков изменяется достоверность этого метода, которая еще и возрастает при увеличении их масштаба (рис. 1).

Так как годограф с запаздыванием $W(j\omega)$ пересекает один из корней уравнения связи, следовательно, система на грани устойчивости. С помощью графоаналитического способа найдено критическое значение запаздывания $\tau_{кр} = 0{,}15$ сек.

Чтобы определить устойчивость МСАУ с запаздыванием в подсистемах, воспользуемся частотным критерием. По характеристическому уравнению (4) получаем уравнение связи

$$D(s,x) = 1 + h_2(s)x^2(s) + ... + h_n(s)x_n(s) = 0. \quad (8)$$

На одной комплексной плоскости строим годограф $\Phi^*(j\omega,\tau)$ (подсистема с запаздыванием) для всех $\omega \in (0, +\infty)$ и корни уравнения связи (8). Согласно критерию устойчивости для многомерных систем необходимо и достаточно, чтобы годограф амплитудно-фазовой характеристики подсистем $\Phi^*(j\omega,\tau)$, для всех $\omega \in (0, +\infty)$, построенный на плоскости корней уравнения связи, не охватывал ни один из его корней (рис. 2). На рис. 2 показана устойчивая МСАУ, где $\Phi(j\omega)$ – годограф без запаздывания.

Многосвязная система автоматического управления с запаздыванием в перекрестных связях

Рассмотрим однородную МСАУ с запаздыванием в перекрестных связях. Для данного вида системы характеристическое уравнение однотипной МСАУ:

$$D(\Phi,h) = 1 + h_2^*(s)\Phi^2(s) + \\ + h_3^*(s)\Phi^3(s) + ... + h_n^*(s)\Phi^n(s) = 0,$$

где

$$h_k^*(s) = h_k(s)e^{-k\tau s},\ k = \overline{2,n},$$

$$\Phi(s) = \frac{R(s)W(s)}{1 + R(s)W(s)}.$$

Введем переменную W_p, которая обозначает разомкнутую систему, и перепишем относительно нее характеристическое уравнение. Так как $W_p = R(s)W(s)$, следовательно характеристическое уравнение МСАУ примет вид [6]:

$$D(W,h) = \binom{n}{0} + \binom{n}{1}W_p(s) + \left(\binom{n}{2} + h_2e^{-2\tau s}\right)W_p{}^2(s) + .. + \left(\binom{n}{n} + \sum_{i=1}^{n} h_ie^{-n\tau s}\right)W^n(\tau,s) = 0. \quad (9)$$

Уравнение связи относительно переменной $W_p = x$ (10):

$$D(x) = \binom{n}{0} + \binom{n}{1}x + \left(\binom{n}{2} + h_2e^{-2\tau s}\right)x^2 + .. + \left(\binom{n}{n} + \sum_{i=1}^{n} h_ie^{-n\tau s}\right)x^n = 0. \quad (10)$$

Решением уравнения связи (10) будут корневые годографы $x_i(j\omega)$ [3, 4].

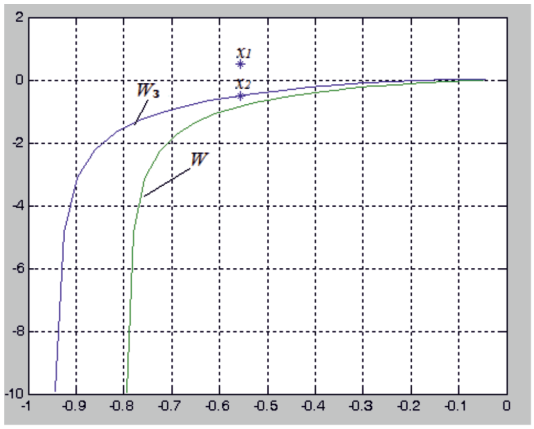


Рис. 1. Годограф МСАУ с критическим значением запаздывания

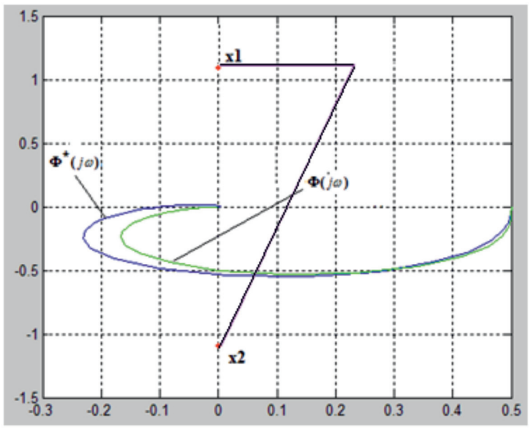


Рис. 2. Годограф МСАУ с запаздыванием в подсистемах, построенный на плоскости корней уравнения связи

Пример 2. Рассмотрим МСАУ с двумя подсистемами и запаздыванием в перекрестных связях. ПФ подсистемы равна $W_p = RW = \frac{1}{0,8s^2 + s}$, характеристика связи $h_2 = 0,2e^{-\tau s}$.

Корни уравнения связи (10) при $\tau = 0$ в перекрестных связях и $\omega = 0$: $1 + 2x + (1 + 0,2 * e^{-\tau s})x^2 = 0$ (10) равны $x_1 = -0,5611 + 0,5442i; x_2 = -0,5509 - 0,4537i$.

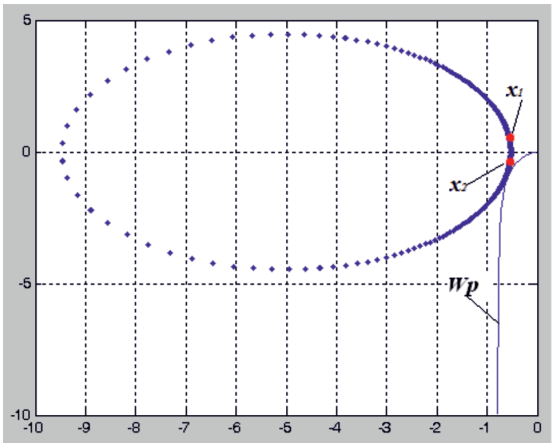


Рис. 3. Годограф МСАУ с запаздыванием в перекрестных связях

При постепенном увеличении значения запаздывания τ видим, что корневые годографы $x_i(j\omega)$ не пересекают годографы подсистем. Это означает, что запаздывание не влияет на устойчивость системы (рис. 3). На устойчивость разомкнутой системы можно повлиять, изменив коэффициенты характеристик связей h_2.

Как видим, используя метод декомпозиции при построении годографа подсистем и связей, предоставляется возможность применять известные частотные критерии устойчивости и вычислять критические значения запаздывания $\tau_{кр}$.

Многосвязная система автоматического управления с запаздыванием одновременно в подсистемах и перекрестных связях

В общем виде характеристическое уравнение МСАУ с однотипными подсистемами и запаздыванием одновременно в подсистемах и перекрестных связях имеет вид

$$D(\Phi, h) = 1 + h_2^*(s)\Phi^2(s) + \\ + h_3^*(s)\Phi^3(s) + ... + h_n^*(s)\Phi^n(s) = 0,$$

где

$$h_k^*(s) = h_k(s)e^{-k\tau s},\ k = \overline{2,n},$$

$$\Phi(s) = \frac{R(s)W(s)e^{-\tau s}}{1 + R(s)W(s)e^{-\tau s}}.$$

Запишем по аналогии характеристическое уравнение МСАУ относительно разомкнутых подсистем:

$$D(W,h) = \binom{n}{0} + \binom{n}{1}W(\tau,s) + \left(\binom{n}{2} + h_2e^{-2\tau s}\right)W^2(\tau,s) + .. + \left(\binom{n}{n} + \sum_{i=2}^{n} h_ie^{-2\tau s}\right)W^n(\tau,s) = 0, \quad (11)$$

и уравнение связи

$$D(a) = \binom{n}{0} + \binom{n}{1}x + \left(\binom{n}{2} + h_2e^{-2\tau s}\right)x^2 + .. + \left(\binom{n}{n} + \sum_{i=2}^{n} h_ie^{-2\tau s}\right)x^n = 0. \quad (12)$$

Далее, если построить на комплексной плоскости годограф разомкнутых подсистем $W_p(j\omega,\tau)$ и корневой годограф уравнения связи (12) , то можно найти критическое значение запаздывания $\tau_{iкр}$ и исследовать систему на устойчивость (рис. 4).

Значения $\tau_{iкр}$ определяются из выражения

$$\psi_1 = \varphi_o(\omega) - \omega_{1ср}\tau_{iкр},\ \tau_{iкр} = (\varphi_o(\omega) - \psi_1)/\omega_{1ср},$$

где $\psi_1 - \arg x_1$, $\varphi_o(\omega_{1ср}) - \arg W_p(j\omega)$ на частоте $\omega_{iср} = 1$.

Минимальным из найденных значений τ_i – критическое значение запаздывания $\tau_{кр} = \min\{\tau_{iкр}\},\ i = 1,n$. В примере 2 критическое значение запаздывания равно $\tau_{кр} = 0,087$ сек.

Заключение

В ходе выполненной работы применен способ оценки критического значения запаздывания в прямых и перекрестных связях МСАУ с помощью метода декомпозиции.

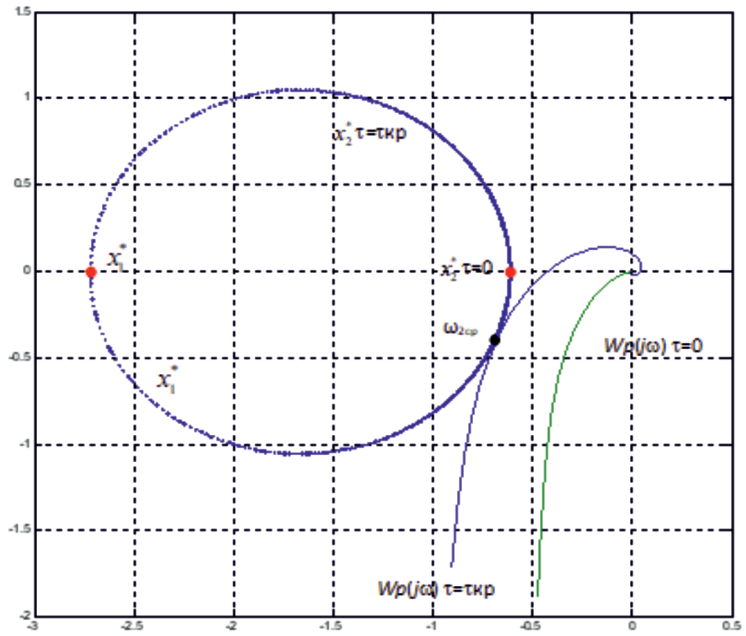


Рис. 4. Годограф МСАУ с запаздыванием в прямых и перекрестных связях

С помощью известного критерия устойчивости для МСАУ рассмотрена ее устойчивость с запаздыванием в подсистеме, перекрестных связях. Также рассмотрен алгоритм определения критического значения запаздывания для МСАУ по разомкнутым и замкнутым подсистемам. Проверена эффективность разработанной методики нахождения критического значения запаздывания $\tau_{кр}$. Результаты и проверка системы на устойчивость подтверждены моделированием МСАУ по результатам переходных процессов.

Работа выполнена при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (Гранты РФФИ № 18-08-00702 А, 18-08-01299 А).

Список литературы

1. Ильясов Б.Г., Кабальнов Ю.С. Исследование устойчивости однотипных многосвязных систем автоматического управления с гомономными связями между подсистемами // Автоматика и телемеханика. 1995. № 7. С. 82–90.

2. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теория систем автоматического управления. СПб.: Изд-во «Профессия», 2014. 752 с.

3. Ким Д.П. Теория автоматического управления. Т. 2. Многомерные, нелинейные, оптимальные и адаптивные системы. М.: Физматлит, 2016. 441 с.

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

5. Кудинов Ю.И., Пащенко Ф.Ф. Теория автоматического управления (с использованием MATLAB SIMULINK): учебное пособие. СПб.: Лань, 2016. 256 с.

6. Ерофеев А.А. Теория автоматического управления: учебник для вузов. СПб.: Политехника, 2008. 302 с.

УДК 004.021

АНАЛИЗ АЛГОРИТМОВ ШИФРОВАНИЯ МАЛОРЕСУРСНОЙ КРИПТОГРАФИИ В КОНТЕКСТЕ ИНТЕРНЕТА ВЕЩЕЙ

[1,2]Ищукова Е.А., [1]Толоманенко Е.А.

[1]ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», Таганрог, e-mail: uaishukova@sfedu.ru, kat.tea@mail.ru;

[2]ИИПРУ КБ НЦ РАН, Нальчик

В нынешнее время Интернет вещей стремительно развивается и проникает во все сферы жизни общества. Благодаря Интернету вещей человек получает постоянную поддержку от предметов, которые его окружают, все процессы при этом осуществляются прозрачно, а также человек не должен продумывать, как надо это сделать, а знать, что должно в итоге получиться. Для того, чтобы обезопасить взаимодействие между человеком и устройствами, а также между самими устройствами, целесообразно использовать шифрование. Обычное классическое применение общеизвестных блочных и поточных алгоритмов шифрования, например, национальных стандартов, не всегда удобно и применимо в рамках данной задачи. На смену классическим алгоритмам шифрования приходят особые алгоритмы шифрования, так называемые малоресурсные. Легковесная, или малоресурсная, криптография рассматривает алгоритмы шифрования, которые используются в различных устройствах в условиях ограниченных ресурсов. Например, при ограниченном запасе электропитания, небольшом объеме памяти, маленьких размерах устройств. Зачастую такими устройствами являются роботизированные системы, например мобильные роботы или беспилотные летательные аппараты. Помимо легковесных алгоритмов шифрования, устройства Интернета вещей используют различные протоколы взаимодействия между собой в сети. Эти протоколы имеют различное назначение и характеристики, а также отличаются свойствами безопасности. Некоторые из общеизвестных протоколов имеют уязвимости и подвержены атакам. А в некоторых протоколах и вовсе отсутствуют механизмы безопасности.

Ключевые слова: малоресурсная криптография, легковесная криптография, алгоритмы шифрования, Clefia, Present, Trivium, Интернет вещей, протоколы IoT

ANALYSIS OF THE ALGORITHMS FOR ENCRYPTION OF LIGHTWEIGHT CRYPTOGRAPHY IN THE CONTEXT OF THE INTERNET OF THINGS

[1,2]Ishchukova E.A., [1]Tolomanenko E.A.

[1]Federal Autonomous Educational Institution of Higher Education Southern Federal University, Taganrog, e-mail: uaishukova@sfedu.ru, kat.tea@mail.ru;

[2]Institute of Informatics and Regional Management Problems of the KB SC RAS, Nalchik

At the present time, the Internet of things is rapidly developing and penetrating into all spheres of society. Thanks to the Internet of Things, a person receives constant support from the objects that surround him, all processes are carried out transparently, and a person should not think through how to do it, but know what should happen in the end. In order to secure the interaction between humans and devices, as well as between the devices themselves, it is advisable to use encryption. The usual classical application of well-known block and stream encryption algorithms, for example, national standards, is not always convenient and applicable within the framework of this task. The classical encryption algorithms are replaced by special encryption algorithms, the so-called short-resourced ones. Lightweight, or short-resource, cryptography examines encryption algorithms that are used in various devices with limited resources. For example, with a limited power supply, a small amount of memory, small size devices. Often, such devices are robotic systems, for example, mobile robots or unmanned aerial vehicles. In addition to lightweight encryption algorithms, IoT devices use different protocols for interacting with each other on the network. These protocols have different purposes and characteristics, as well as different security features. Some of the well-known protocols have vulnerabilities and are subject to attacks. And in some protocols, there are no security mechanisms at all.

Keywords: low resource cryptography, lightweight cryptography, encryption algorithms, Clefia, Present, Trivium, Internet of Things, IoT Protocols.definition

Цель исследования обусловлена тем, что в связи с ростом технологий появляется большое количество мобильных и стационарных роботов, используемых в повседневной жизни, например квадрокоптеры, доставляющие посылки, или системы «умный дом», служащие для автоматизации управления различными гаджетами, используемыми в домашних нуждах. Малоресурсная криптография служит для обеспечения защиты таких систем.

Хотелось бы отметить некоторые работы в области малоресурсной криптографии. Авторы статей предлагают различные подходы к реализации тех или иных легковесных алгоритмов шифрования. Некоторые из алгоритмов ориентированы на аппаратную реализацию, другие, наоборот,

показывают лучшие характеристики при программной реализации.

Малоресурсная криптография

Например, статья Л.К. Бабенко, Д.В. Голотина, О.Б. Макаревича [1] содержит описание поточного шифра Trivium [2] и его аппаратной реализации. В статье сказано, что шифр Trivium является алгоритмом, наиболее ориентированным на аппаратную реализацию, чем на программную. Авторы описали, что данный шифр реализован на ПЛИС, плате Марсоход2Bis. В реализации осуществлена связь с компьютером, при этом передача данных компьютеру осуществляется с фиксированной скоростью в 9600 бит/с, или 1200 байт/с и ограничивается характеристиками com-порта. Также авторы рассматривают разработанную уменьшенную модель в сравнении с моделью, реализованной создателями, которая может быть полезной при работе с небольшими мобильными роботами.

В статье Л.К. Бабенко, Д.В. Голотина [3] описана программная реализация шифра Trivium. Авторы рассказывают, что полученная программа выполняет шифрование 13,5 Мб за 168,7 с, что означает скорость примерно в 640 Кбит/с. Также авторы отмечают, что полученное решение в сравнении, например, с DES превышает скорость вдвое, при условии использования процессора с частотой 2,1 ГГц.

Шифр Present [4] описан в статье Л.К. Бабенко, Д.А. Беспалова, О.Б. Макаревича, Р.Д. Чеснокова, Я.А. Трубникова [5]. Авторы данной статьи разработали программную реализацию и синтезировали аппаратный блок для системы на кристалле в рамках требований к малоресурсной криптографии и получили достаточно эффективное решение для применения его в устройствах. Полученные авторами характеристики: частоты ПЛИС – 160 МГц максимально (работа схемы алгоритма), скорость 301.2 Мбит/с.

Статьи Жукова [6] и [7] содержат обзор исследований, содержащих описание шифров по малоресурсной криптографии, куда попали такие шифры, как Present, Trivium и Clefia. Автор отметил, что некоторые аппаратные шифры, такие как Present или KATAN, теряют свои полезные свойства при программной реализации и показывают худшие результаты. Проанализировав сводные таблицы автора статьи, отражающие скорость работы различных шифров, например, такого, как Clefia, можно сказать, что данный шифр является неплохим вариантом для использования его для шифрования в мобильной робототехнике.

Шифр Clefia [8] был разработан компанией Sony для использования в качестве безопасной альтернативы шифру AES. Размер блока алгоритма шифрования Clefia составляет 128 бит, а ключи могут быть длиной как 128 бит, так и 192 и 256 бит. В основе алгоритма лежит сеть Фейстеля, а именно две различные 32-битные функции – F0 и F1, поэтому количество раундов алгоритма зависит напрямую от длины ключа: при длине ключа 128 бит количество раундов будет составлять 18, при 192 битах – 22 раунда, при 256 битах – 36 раундов. Количество подключей также подчиняется данному принципу и составляет 36, 44 и 52 подключа соответственно. При этом в алгоритме применяются отбеливающие ключи, замедляющие процесс криптоанализа данного шифра. Также для защиты от методов дифференциального и линейного криптоанализа разработчики Sony применили Diffusion Switching Mechanism. Также было объявлено, что данный шифр защищен и от алгебраических атак, и от другого вида атак ввиду использования двух типов таблиц подстановки. Также хотелось бы отметить ключевые функции алгоритма, такие как Double Swap (двойная замена), функции получения S-блоков замены. Шифр Clefia реализован компанией Sony на языке программирования C и упора на скорость не осуществлялось. Следует отметить, что функцию двойной замены можно удачно реализовать с упором на скорость с помощью операций битовых сдвигов, используемых в C++.

В статьях Жукова [6] и [7] помимо обзора легковесных шифров содержится информация о скоростных и других показателях данного вида шифров. На основе проанализированных статей [8] и [9] и полученных данных мы можем предположить скорость работы программных реализаций малоресурсных алгоритмов шифрования, таких как Clefia, Present и Trivium. Например, при предполагаемой частоте работы процессора примерно в 2 ГГц вышерассмотренные алгоритмы будут иметь характеристики, отображенные в таблице.

По имеющимся данным из статей [7] и [10] можно сказать, что шифр Clefia имеет хорошую скорость работы и обработки блоков данных. Аппаратно-ориентированный шифр Present имеет более низкую скорость обработки при программной реализации. Шифр Trivium также более ориентирован на аппаратную реализацию.

Сравнение алгоритмов шифрования

В общем смысле в области классической криптографии наиболее распростра-

ненными являются, например, AES [10] – Американский стандарт шифрования и ГОСТ 34.12–2015 [11] – Российский стандарт шифрования, включающий алгоритмы шифрования Магма и Кузнечик.

В сравнении с малоресурсной криптографией, такие стандарты шифрования, как AES и ГОСТ, обрабатывают информацию достаточно быстро. Например, Кузнечик (длина блока – 128 бит, длина ключа – 256 бит) в своей скоростной реализации 54 Мбайт/с [12], а AES (длина блока – 128 бит, длина ключа – 128 бит) – 51 Мбайт/с [13]. Но подобные шифры занимают гораздо больше ROM и RAM памяти компьютера, примерно соразмерно со скоростью выполнения, что отвергает применение данных алгоритмов в режимах ограниченных возможностей, таких как конечный запас энергии и ограниченный объем памяти.

Протоколы

Также хотелось бы отметить использование протоколов в Интернете вещей. Для того, чтобы любые компоненты Интернета вещей могли полноценно функционировать и взаимодействовать между собой, зачастую необходимо устанавливать защищенное соединение между всеми компонентами данной системы. Данный процесс подразумевает использование криптографических алгоритмов и ключей для шифрования трафика, с предварительным прохождением процесса аутентификации. Сам процесс аутентификации является ключевой процедурой, так как без него злоумышленник может вмешаться в сетевое взаимодействие, отправлять свои команды, чем полностью нарушит функционирование всей сети Интернета вещей. Для всех вышеперечисленных целей, как правило, используются протоколы.

Например, протокол IKE (Internet Key Exchange) [14] используется в виртуальных частных сетях, устанавливает защищенный канал связи, осуществляет процесс аутентификации сторон взаимодействия, а также основан на протоколе разделения секрета Диффи – Хеллмана [15]. Собственно, протокол Диффи – Хеллмана позволяет нескольким взаимодействующим сторонам получить общий секретный ключ для использования его в симметричном шифровании, например, в любом алгоритме малоресурсной криптографии, что весьма удобно. Но, в процессе применения протокола IKE лежит использование криптографии с открытым ключом, что автоматически неприемлемо в Интернете вещей. Криптография с открытым ключом довольно ресурсоемкая, не отвечает требованиям малоресурсности и не может поддерживаться устройствами Интернета вещей.

Аналогичным образом существуют стандарты ZigBee [16, 17] и Bluetooth LE [18], описывающие взаимодействие устройств Интернета вещей между собой. Главным недостатком этих протоколов является отсутствие защиты от атаки методом «человек посередине». Злоумышленник может вклинится в обмен информацией, «подслушать» трафик и перехватить обмен ключами, а затем использовать link key – стандартный ключ связи, которые используют производители. Это вмешательство «человека посередине» позволяет скомпрометировать сетевой ключ, сетевое взаимодействие, открыть устройства сети для атак.

Существуют следующие протоколы для обеспечения коммуникации устройств Интернета вещей:

– MQTT [19]. Данный протокол собирает данные с различных устройств и оборудования и передает полученную информацию на сервер. При этом он обеспечивает надежную передачу данных, без потерь, и также может работать в условиях связи с перебоями;

– XMPP [20]. Протокол, используемый для обмена мгновенными сообщениями между людьми, а также сообщениями о присутствии. Для Интернета вещей реализует простой способ адресации устройств;

Сравнения программных реализаций малоресурсных алгоритмов шифрования

Алгоритм / Параметр оценки	Clefia	Present	Trivium
Реализация (программная/аппаратная)	программная	программная	программная
Длина ключа (бит)	128	80	80
Размер блока	128	64	поточный шифр
Скорость шифрования одного блока данных	5 Мбайт/с	1 Мбайт/с	0,6 Мбайт/с
Количество раундов шифрования	18	31	–
Количество памяти, занимаемое реализацией	4780 байт	1000 байт	–
Задействование оперативной памяти	180 байт	18 байт	–

– DDS [21]. Протокол, который распределяет данные, полученные с одних устройств, для передачи другим устройствам. Основная задача протокола – соединение с целевыми устройствами.

– AQMP [22]. Промежуточный протокол, который организует и обрабатывает очередь сообщений.

Как можно увидеть, особенности протокола напрямую зависят от области его применения. Например, MQTT следует использовать при сборе показателей давления или температуры, а AQMP – при организации очереди сообщений при совершении банковских транзакций.

Атаки на алгоритмы малоресурсной криптографии

Так как малоресурсные криптографические алгоритмы зачастую используются в мобильной робототехнике и в Интернете вещей, то на них могут совершаться разнообразные атаки с целью кражи или фальсификации обрабатываемой, хранимой или передаваемой информации.

Например, в работе [23] содержится описание алгебраической атаки на малоресурсный шифр Present. Как известно, Present является симметричным блочным алгоритмом шифрования с длиной блока 64 бита и длиной ключа 80 или 128 бит, при этом количество раундов шифра равно 32 м. Авторам работы [23] удалось описать и провести алгебраический анализ пяти раундов шифра Present. Исходя из полученных авторами данных и составленной таблицы можно сделать вывод, что Алгебраический анализ пяти раундов и восстановление ключа 128 бит при заданных вычислительных мощностях (2 ГГц ЦПУ и 1 Гб оперативной памяти) выполняется успешно за очень короткое время. Также при комбинировании некоторых методов криптоанализа авторы смогли весьма успешно проанализировать до 26 раундов данного шифра. Поэтому для обеспечения безопасности компонентов Интернета вещей необходимо использовать максимальное количество раундов данного криптографического алгоритма.

В работе [24] аналогичным образом осуществлялся алгебраический анализ шифра Present, и методы авторов данной работы также оказались успешными на первых пяти раундах шифра. Начиная с шестого раунда шифр Present оказывается стойким против алгебраического криптоанализа.

Что касается криптоанализа малоресурсного шифра Clefia, разработанного Sony Corporation, то сама компания привела документ, содержащий различные подходы к криптоанализу данного шифра [25]. Авторы разбирают множество способов криптоанализа Clefia, приводят примеры и обосновывают, как тот или иной метод анализа может быть направлен на данный шифр. Например, авторы отмечают, что Clefia благодаря своим особенностям является стойкой к дифференциальному криптоанализу, более 10 раундов Clefia стойки к атакам прямоугольником, и обладает достаточной стойкостью против слайдовой атаки. Также авторы рассматривают не только программно-реализованный алгоритм, но и аппаратно-ориентированную версию.

Заключение

В заключение хотелось бы отметить, что различные легковесные шифры используются для разных целей, в зависимости от поставленной задачи. В одном случае необходима быстрая скорость обработки данных, а в другом, например, нужно ограничить энергопотребление или же обрабатывать информацию в условиях ограниченных запасов памяти. У классических криптографических шифров отмечаются высокие скорости шифрования данных, но при этом они не могут быть использованы в системах с ограниченными ресурсами, где нашли применение легковесные шифры. Также среди малоресурсных шифров имеются аппаратно- и программно-ориентированные алгоритмы, использование которых также варьируется в зависимости от поставленной задачи перед системой.

Что касается протоколов взаимодействия устройств Интернета вещей, они имеют различные степени защищенности, или вообще их отсутствие. Использование асимметричной криптографии малоресурсными устройствами Интернета вещей нецелесообразно, в силу высокой ресурсоемкости данных алгоритмов, поэтому и не используются аналогичные протоколы, основанные на асимметричной криптографии.

В результате исследования атак на малоресурсные шифры следует отметить, что большинство из рассмотренных на данный момент не способны максимально успешно взломать шифры целиком за приемлемое время, но в связи с ростом вычислительных мощностей устройства Интернета вещей могут оказаться под угрозой.

Работа выполнена при поддержке гранта РФФИ № 17-07-00654-а.

Список литературы

1. Бабенко Л.К., Голотин Д.В., Макаревич О.Б. Создание и исследование малоресурсной реализации поточного шифра Trivium // Известия ЮФУ. 2016. № 12. С. 42–54.

2. Yun Tian, Gongliang Chen, Jianhua Li. On the Design of Trivium. School of Information Security Engineering, Shanghai

Jiaotong University, China [Электронный ресурс]. URL: https://eprint.iacr.org/2009/431.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

3. Бабенко Л.К., Голотин Д.В. Об основных особенностях функционирования и реализации поточного шифра Trivium // Известия ЮФУ. 2015. № 5. С. 103–111.

4. A. Bogdanov, L.R. Knudsen, G. Leander. PRESENT: An Ultra-Lightweight Block Cipher [Электронный ресурс]. URL: https://web.archive.org/web/20101217063636/http://www.ist-ubisecsens.org/publications/present_ches2007.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

5. Бабенко Л.К., Беспалов Д.А., Макаревич О.Б., Чесноков Р.Д., Трубников Я.А. Разработка и исследование программно-аппаратного комплекса шифрования по алгоритму present для решения задач малоресурсной криптографии // Известия ЮФУ. 2014. № 2. С. 174–180.

6. Жуков А.Е. Легковесная криптография. Часть 1 // Вопросы кибербезопасности. 2015. № 1. С. 26–43.

7. Жуков А.Е. Легковесная криптография. Часть 2 // Вопросы кибербезопасности. 2015. № 2. С. 2–10.

8. The 128-bit Blockcipher CLEFIA. Algorithm Specification. [Электронный ресурс]. URL: http://www.cryptrec.go.jp/english/cryptrec_13_spec_cypherlist_files/PDF/22_00espec.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

9. Cazorla M., Marquet K., Minier M. Survey and Benchmark of Lightweight Block Ciphers for Wireless Sensor Networks. [Электронный ресурс]. URL: https://eprint.iacr.org/2013/295.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

10. Advanced encryption standard (AES) [Электронный ресурс]. URL: https://csrc.nist.gov/csrc/media/publications/fips/197/final/documents/fips-197.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

11. ГОСТ 34.12–2015 [Электронный ресурс]. URL: https://web.archive.org/web/20150924113434/http://www.tc26.ru/standard/gost/GOST_R_3412-2015.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

12. Ищукова Е.А., Кошуцкий Р.А., Бабенко Л.К. Разработка и реализация высокоскоростного шифрования данных с использованием алгоритма Кузнечик [Электронный ресурс]. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-i-realizatsiya-vysokoskorostnogo-shifrovaniya-dannyh-s-ispolzovaniem-algoritma-kuznechik (дата обращения: 25.01.2019).

13. Intel Core i5 (Clarkdale): анализ аппаратного ускорения шифрования AES. [Электронный ресурс]. URL: http://www.thg.ru/cpu/aes_clarkdale/print.html (дата обращения: 25.01.2019).

14. The Internet Key Exchange (IKE) [Электронный ресурс]. URL: https://tools.ietf.org/html/rfc2409 (дата обращения: 25.01.2019).

15. Whitfield Diffie, Martin E. Hellman. New Directions in Cryptography [Электронный ресурс]. URL: https://ee.stanford.edu/~hellman/publications/24.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

16. ZigBee [Электронный ресурс]. URL: https://web.archive.org/web/20100526153954/http://www.daintree.net/downloads/whitepapers/zigbee_primer.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

17. ZigBee Specification [Электронный ресурс]. URL: http://www.zigbee.org/wp-content/uploads/2014/11/docs-05-3474-20-0csg-zigbee-specification.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

18. Bluetooth с низким энергопотреблением [Электронный ресурс]. URL: https://www.bluetooth.com/specifications (дата обращения: 25.01.2019).

19. MQTT [Электронный ресурс]. URL: http://mqtt.org(дата обращения: 25.01.2019).

20. XMPP [Электронный ресурс]. URL: https://xmpp.org (дата обращения: 25.01.2019).

21. DDS [Электронный ресурс]. URL: https://www.omg.org/spec/#DDS (дата обращения: 25.01.2019).

22. AQMP [Электронный ресурс]. URL: https://www.amqp.org (дата обращения: 25.01.2019).

23. Jorge Nakahara Jr, Pouyan Sepehrdad, Bingsheng Zhang, Meiqin Wang. Linear (Hull) and Algebraic Cryptanalysis of the Block Cipher PRESENT // Proceedings of 8th International Conference «Cryptology and Network Security», Japan, December 12–14, 2009. DOI: 10.1007/978-3-642-10433-6_5.

24. Lucia Lacko-Barto˘sov´a. Algebraic cryptanalysis of present based on the method of syllogisms // Tatra Mt. Math. Publ. 53 (2012), 201–212. DOI: 10.2478/v10127-012-0047-3.

25.The 128-bit Blockcipher CLEFIA. Security and Performance Evaluations. Revision 1.0, June 1, 2007. Sony Corporation [Электронный ресурс]. URL: https://www.sony.net/Products/cryptography/clefia/download/data/clefia-eval-1.0.pdf (дата обращения: 25.01.2019).

УДК 66.061:546.723

ЭКСТРАКЦИОННОЕ ИЗВЛЕЧЕНИЕ ЖЕЛЕЗА (III) ИЗ РАСТВОРОВ ХЛОРОВОДОРОДНОЙ КИСЛОТЫ ИЗОМЕРАМИ ОКТАНОЛА В ИНЕРТНЫХ РАЗБАВИТЕЛЯХ

Касиков А.Г., Соколов А.Ю.

Институт химии и технологии редких элементов и минерального сырья им. И.В. Тананаева КНЦ РАН, Апатиты, e-mail: cobaltag@yandex.ru

Изучено влияние инертных разбавителей на экстракционное извлечение железа (III) из растворов хлороводородной кислоты изомерами октилового спирта. Максимальный показатель степени извлечения Fe (III) наблюдается при концентрации спирта 80 об.%. Обнаружена зависимость экстракционных свойств спиртов при изменении расположения гидроксильной группы. Среди октиловых спиртов наблюдается увеличение экстракционной способности с удалением ОН-группы от крайней CH_3-группы молекулы. Помимо этого, на экстракцию влияет строение алкильного радикала спирта. Так, при использовании в качестве экстрагента спирта 2-этилгексанола-1, наблюдается обратная от вышеуказанной зависимость: при уменьшении его концентрации экстракционная способность падает. Кроме строения радикала, данное явление объясняется большей соэкстракцией хлороводородной кислоты неразбавленным октанолом-1, чем 2-этилгексанолом-1. При этом 2-этилгексанол-1 извлекает железо (III) хуже при его концентрации 80 об.%, чем октанол-1 той же концентрации. Данное явление связано с бóльшим переходом хлороводородной кислоты совместно с Fe (III) в фазу спирта с разветвлённой структурой, нежели с неразветвлённой. Установлено, что состав и строение разбавителя влияет на экстракционную способность спиртов. При разбавлении октанола-1 извлечение Fe (III) в органическую фазу увеличивается в ряду: алифатический < смесь алифатических, нафтеновых и ароматических < ароматический разбавитель. Данная зависимость объясняется уменьшением степени самоассоциации спирта в указанном ряду, что ведёт к увеличению числа неассоциированных молекул октанола-1. Кроме того, обнаружено, что при разбавлении спирта наибольшая соэкстракция соляной кислоты наблюдается при использовании в качестве разбавителя смеси ароматических, нафтеновых и алифатических разбавителей.

Ключевые слова: алифатические спирты, экстракция, органические разбавители, железо (III), хлороводородная кислота

EXTRACTION OF IRON (III) FROM HYDROCHLORIC ACID SOLUTION BY ISOMERS OF OCTANOL WITH INERT DILUENT

Kasikov A.G., Sokolov A.Yu.

I.V. Tananaev Institute of Chemistry and Technology of Rare Elements and Mineral Raw Materials of the Russian Academy of Sciences Kola Science Center, Apatity, e-mail: cobaltag@yandex.ru

The effect of inert diluents on the extraction of iron (III) extraction from hydrochloric acid solutions by octanol-1 isomers was studied. The maximum degree of extraction of Fe (III) is observed at the alcohol concentration of 80% by volume. The dependence of the extraction properties of alcohols at the location of the hydroxyl group was found. Among octyl alcohols, an increase in the extraction capacity is observed with the removal of OH-groups from the ultimate fraction of the CH_3-group. In addition, extraction is affected by the structure of the alkyl radical of an alcohol. When 2-ethylhexanol-1 is used as an alcohol extractant, an inverse dependence is observed on the above dependence: as the concentration of alcohol decreases, the extraction ability decreases. In addition to the structure of radical, this phenomenon is explained by the greater co-extraction of hydrochloric acid with undiluted octanol-1 than 2-ethylhexanol-1. At the same time, 2-ethylhexanol-1 extracts iron (III) worse at a concentration of 80% by volume than the octanol-1 of the same concentration. This phenomenon is associated with a large transition of hydrochloric acid together with Fe (III) in the phase of an alcohol with a branched structure, rather than with an unbranched. It is established that the composition and construction of diluent affect the extraction ability of alcohols. When octanol-1 was diluted, the extraction of Fe (III) in the organic phase increased in the series of aliphatic < a mixture of aliphatic, naphthenic and aromatic < aromatic diluent. This dependence is explained by a decrease of the degree of self-association of alcohol in the indicated series, which leads to an increase in the number of non-associated octanol-1 molecules. In addition, it was found that upon dilution of alcohol the greatest extraction of hydrochloric acid is observed when a mixture of aromatic, naphthenic and aliphatic diluents is used as a diluent.

Keywords: aliphatic alcohols, extraction, organic diluents, iron (III), hydrochloric acid

Наиболее распространённым примесным металлом, от которого необходимо очищать растворы гидрохлоридного выщелачивания полиметаллического сырья, является, как правило, железо. Очистка солянокислых растворов гидролитическими методами невозможна без их глубокой нейтрализации, и поэтому жидкостная экстракция железа (III) из растворов хлороводородной кислоты относится к перспективным направлениям гидрометаллургии. Экстракционный способ является также наиболее эффективным при переработке высокожелезистых растворов, так как позволяет существенно уменьшить перевод железа в отвальные продукты [1].

Одними из наиболее перспективных реагентов для экстракционного извлечения

элементов и кислот являются высокомолекулярные алифатические спирты, которые зарекомендовали себя в качестве самостоятельных экстрагентов железа (III) [2], рения (VII) [3], золота (III) [4], а также для регенерации серной кислоты [5]. Алифатические спирты производятся в больших масштабах и являются доступными и достаточно дешевыми реагентами.

Известно, что спирты имеют склонность к самоассоциации, которая возрастает у первичных спиртов с увеличением углеводородного радикала [6]. В связи с уменьшением концентрации активных мономеров спирта в результате его самоассоциации снижается и их эффективность в качестве экстрагентов. Одним из способов разрушения спиртовых ассоциатов с образованием мономеров является разбавление. Но для полного перевода спиртов в состояние мономера необходимо разбавление более чем в 100 раз [7], что невозможно при использовании спиртов в качестве экстрагентов. Однако в ряде публикаций по экстракции спиртами показано, что их разбавление инертными разбавителями может способствовать экстракции металлов. Так, в работе [8] показано, что ванадий (V) наиболее полно переходит в органическую фазу при его экстракции спиртами (октанол-1 и бутанол-1), разбавленными гептаном. Установлено, что экстракция железа (III) улучшается при разбавлении алифатических спиртов хлороформом [9, 10]. При составе органической фазы отанол-1: хлороформ в соотношении 3:1 наблюдается более полное удаление железа (III), таллия (III) и галлия (III) из водной фазы, нежели при использовании чистого спирта.

Целью настоящей работы является изучение экстракции железа (III) из растворов хлороводородной кислоты смесями изомеров октилового спирта с промышленными разбавителями.

Материалы и методы исследования

В качестве экстрагентов использовали алифатические спирты октанол-1 («Ч», производства ЗАО «Вектон», Россия), октанол-2 (марки «97%», производства «Acros Organics», США), октанол-3 (марки «for synthesis», производства «Merck Schuchardt OHG», Германия) и 2-этилгексанол-1 (марки «≥ 99,6%», производства «SIGMA-ALDRICH», США). В качестве инертных разбавителей – додекан («Ч», производства ЗАО «Вектон», Россия), а также импортные промышленные разбавители Solvesso 150 ND, представляющий собой 99% смесь ароматических соединений, и Shellsol 2046 NA – смесь углеводородов (33%), нафтенов (46%) и ароматических соединений (19%). В таблице указаны некоторые физические свойства органических веществ.

Исследуемые растворы хлорида железа (III) определенной концентрации готовили растворением навески твердых солей в дистиллированной воде с добавлением расчетных количеств концентрированной соляной кислоты. Все использованные неорганические реагенты соответствовали квалификации «хч».

Жидкостную экстракцию проводили интенсивным перемешиванием смеси водной и органической, содержащей определённую концентрацию спирта, фаз при соотношении О:В = 1:1 в течение 5 минут при комнатной температуре. По окончании расслоения отделяли водную фазу от органической, используя делительные воронки. Реэкстракцию проводили дистиллированной водой при соотношении О:В = 1:1 и О:В = 1:5, по окончании расслоения водную фазу отделяли от органической. В полученных рафинате и реэкстракте определяли концентрацию железа (III) методом комплексометрического титрования. В качестве титрующего агента использовали динатриевую соль этилендиаминтетрауксусной кислоты, а для установления необходимого значения pH – ацетатный буферный раствор. Титрование проводили до перехода бордовой окраски в жёлтую. Концентрацию HCl в растворе определяли методом прямого титрования с использованием в качестве индикатора смеси метиленового голубого и метилового красного. Процесс проводили до перехода окраски из красной в зелёную. Концентрацию металлов и кислоты в органической фазе вычисляли по разности между их содержанием в водной фазе до и после экстракции.

Некоторые физические свойства органических реагентов [11–14]

Реагент	Молярная масса, г×моль$^{-1}$	Температура вспышки, °С	Растворимость, г×дм$^{-3}$, 20 °С	Плотность, г×см$^{-3}$, 20 °С
Октанол-1	130,136	81	0,540	0,829
Октанол-2	130,136	76	1,120	0,819
Октанол-3	130,136	67	1,250	0,825
2-этилгексанол-1	130,136	73	0,880	0,834
Додекан	170,203	71	0,005	0,749
Shellsol 2046 NA	189,000*	84	Незначительная	0,837
Solvesso 150 ND	134,000*	64	Незначительная	0,890

Примечание. * – расчётная молярная масса разбавителей, приведённая в [13] и [14] соответственно.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе работы исследовано экстракционное извлечение железа (III) из раствора хлороводородной кислоты алифатическими спиртами различной концентрации (рис. 1). Полученные данные демонстрируют, что при экстракции спиртами с неразветвлённой структурой максимальный показатель степени извлечения достигается при концентрации спирта 80 об. %, но разбавление отрицательно влияет на экстракционную способность 2-этилгексанола-1.

Для изучения природы указанного явления изучено экстракционное извлечение хлороводородной кислоты при изменяющейся концентрации спирта (рис. 2). На полученной зависимости наблюдается резкое увеличение экстракции HCl октанолом-1, но зависимость экстракции 2-этилгексанолом-1 более пологая.

Таким образом, полученные данные могут объяснить природу появления пика для алифатических спиртов с неразветвленной структурой: при концентрации экстрагента 100% наблюдается наиболее интенсивная экстракция хлороводородной кислоты, что влечёт за собой подавление экстракции железа (III). Для подтверждения выдвинутого объяснения была изучена зависимость степени извлечения железа (III) из его концентрированного водного раствора от концентрации октанола-1 (рис. 3).

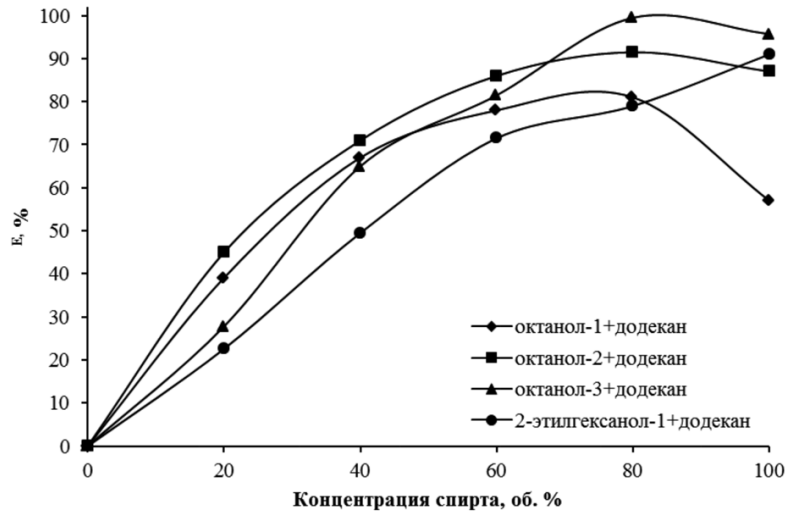


Рис. 1. Зависимость концентрации Fe (III) в органической фазе от концентрации экстрагента. C (HCl) = 6 моль·дм$^{-3}$, C(Fe^{3+})$_{водн.}$ = 10 г·дм$^{-3}$

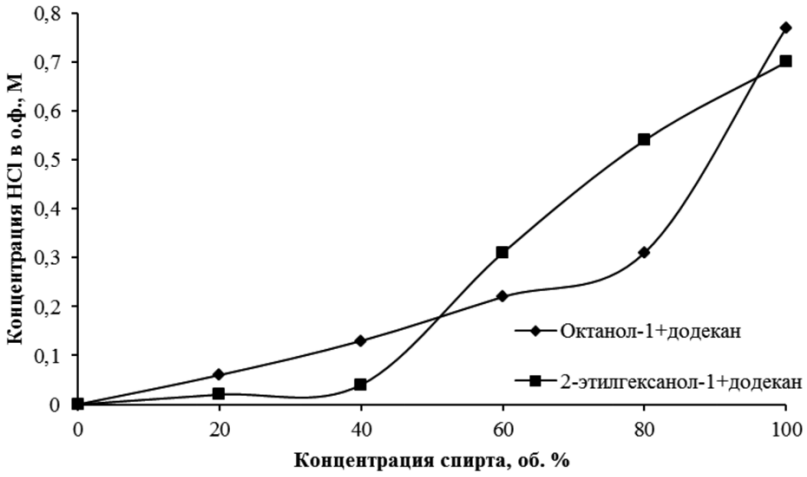


Рис. 2. Зависимость C(HCl), перешедшей в о.ф., от концентрации экстрагента. C(HCl)$_{водн.}$ = 6 моль·дм$^{-3}$

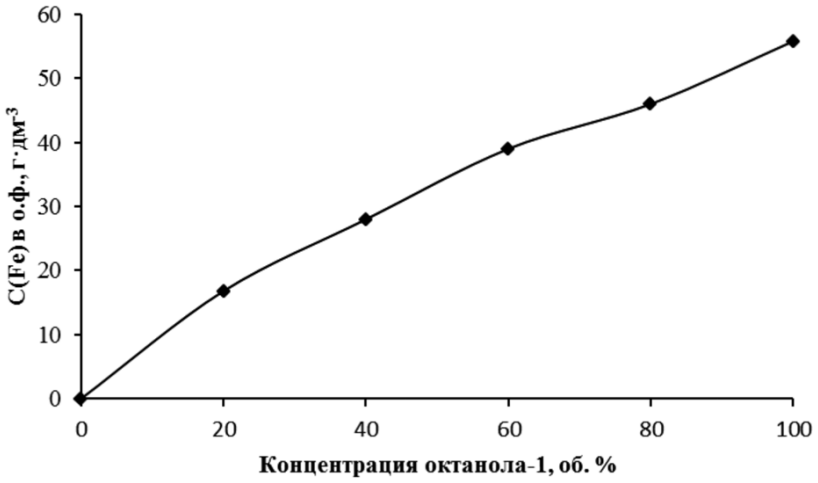


Рис. 3. Зависимость $C(Fe^{3+})$, перешедшего в о.ф., от концентрации октанола-1. $C(Fe^{3+})_{водн.} = 223$ г·дм$^{-3}$

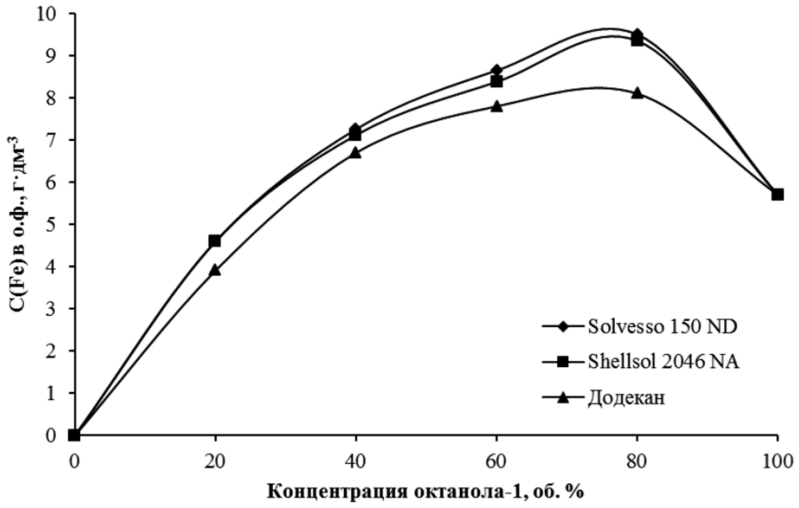


Рис. 4. Зависимость концентрации Fe (III), перешедшего в о.ф., от концентрации октанола-1 в различных разбавителях. C(HCl) = 6 моль·дм$^{-3}$, $C(Fe^{3+})_{водн.} = 10$ г·дм$^{-3}$

Из данных, представленных на рис. 3, следует, что в отсутствии хлороводородной кислоты с ростом концентрации октилового спирта происходит линейное увеличение концентрации Fe (III) в органической фазе. Данный факт подтверждает вышеуказанное предположение о влиянии соэкстракции HCl на экстракционное извлечение железа.

При изучении влияния природы разбавителя на извлечение железа (III) октиловым спиртом обнаружено, что при использовании промышленных инертных разбавителей, содержащих ароматические соединения, наблюдается наиболее полный переход Fe (III) в органическую фазу (рис. 4). Полученные зависимости практически идентичны по форме, но железо (III) наиболее полно переходит в фазу экстрагента в ряду додекан < Shellsol 2046 NA < Solvesso 150 ND.

Наблюдаемую закономерность можно объяснить зависимостью степени ассоциации спирта от природы разбавителя. Как показано выше, Shellsol 2046 NA представляет собой смесь парафинов, нафтенов и ароматических соединений, а Solvesso 150 ND – разбавитель, основными компонентами которого являются ароматические соединения. Известно, что степень самоассоциации спиртов в бензоле в 3-4 раза меньше, чем, например, в циклогексане [15]. Следовательно, в ароматических разбавителях присутствует большее количество мономеров спирта и поэтому эти смеси проявляют более высокую экстракционную способность по отношению к железу (III).

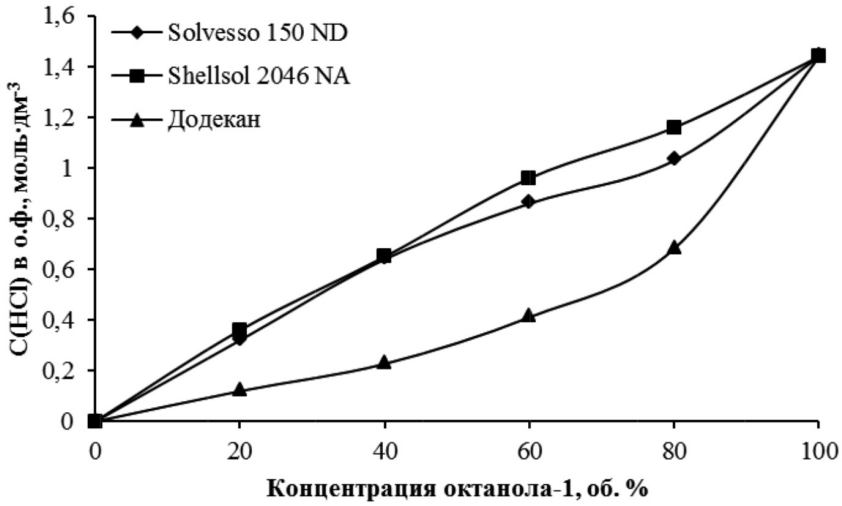


Рис. 5. Зависимость концентрации хлороводородной кислоты, перешедшей в о.ф. при экстракции железа (III), от концентрации октанола-1. $C(HCl) = 6$ моль·дм$^{-3}$, $C(Fe^{3+})_{водн.} = 10$ г·дм$^{-3}$

Для подтверждения выдвинутого предположения установлена зависимость соэкстракции хлороводородной кислоты разбавленным октиловым спиртом при различном содержании ароматических соединений в разбавителе (рис. 5). Так, HCl соэкстрагируется в наименьшей степени при разбавлении спирта алифатическим разбавителем, но при этом наибольший показатель соэкстракции наблюдается при использовании в качестве разбавителя смесь алифатических, нафтеновых и ароматических углеводородов. Вероятно, при использовании ароматического разбавителя более полному переходу кислоты в органическую фазу мешает соэкстракция железа (III). Аналогичным образом можно объяснить отсутствие максимального значения экстракции кислоты при концентрации спирта 80 об. %.

Заключение

Исследовано экстракционное извлечение железа (III) изомерами октанола из растворов хлороводородной кислоты. Установлено, что среди неразветвлённых алифатических спиртов Fe (III) лучше экстрагируется вторичными спиртами, причем наиболее полно октанолом-3.

На примере соэкстракции хлороводородной кислоты 2-этилгексанолом-1 и октанолом-1, разбавленных додеканом, показано, что с уменьшением экстракции хлороводородной кислоты увеличивается переход железа (III) в фазу экстрагента.

Показано, что смеси октиловых спиртов с разбавителями являются перспективными экстрагентами для извлечения железа из солянокислых растворов.

При использовании ароматического разбавителя Solvesso 150 ND наблюдается наиболее высокое извлечение железа (III) в органическую фазу, а при использовании додекана – минимальное, что обусловлено бóльшим разрушением спиртовых ассоциатов ароматическими разбавителями по сравнению с алифатическими.

Список литературы

1. Касиков А.Г. Использование жидкостной экстракции в новых гидрометаллургических процессах переработки медно-никелевого сырья Кольской горно-металлургической компании // Цветные металлы. 2012. № 7. С. 29–35.

2. Wang X., Liu W., Liang B., Lü L., Li C. Combined oxidation and 2-octanol extraction of iron from a synthetic ilmenite hydrochloric acid leachate. Separation and Purification Technology. 2016. vol. 158. P. 96–102. DOI: 10.1016/j.seppur.2015.11.030.

3. Касиков А.Г., Петрова А.М. Экстракция рения (VII) алифатическими спиртами из кислых растворов // Журнал прикладной химии. 2009. Т. 82. вып. 2. С. 203–209.

4. Петрова А.М., Николаев А.Е., Касиков А.Г. Экстракция золота (III) из солянокислых растворов высокомолекулярными алифатическими спиртами // Журнал прикладной химии. 2014. Т. 87. вып. 2. С. 254–260.

5. Gromov P.B., Kasikov A.G., Shchelokova E.A., Petrova A.M. Regeneration of sulfuric acid from electrolyte waste of the copper-smelting plant using solvent extraction. Hydrometallurgy. 2018. vol. 175. P. 187–192. DOI: 10.1016/j.hydromet.2017.11.008.

6. Bartezak W.M. Model of the Self-Association of Primary Alcohols. Ber. Bunsenges. Phys. Chem. 1979. vol. 83. P. 987–992. DOI: 10.1002/bbpc.19790831007.

7. Costas M., Patterson D. Self-association of Alcohols in inert Solvents. J. Chem. Soc. 1985. vol. 81. P. 635–654. DOI: 10.1039/F19858100635.

8. Ojo J.O., Oyegoke D.A. Alkanols for the extraction of Vanadium (V) from hydrochloric acid solutions. International Journal of Chemistry. 2013. vol. 5. № 3. P. 123–134. DOI: 10.5539/ijc.v5n3p123.

9. Дегтев М.И. Закономерности экстракции ионов железа (III) из хлороводородных растворов алифатическими спиртами // Вестник Пермского университета. 2013. вып. 1 (9). С. 37–46.

10. Дегтев М.И. Об экстракции ионов галлия (III), железа (III) и таллия (III) из растворов HCl в смесь октанола и хлороформа // Вестник Пермского университета. 2014. вып. 1 (13). С. 40–49.

11. PubChem. Open Chemistry Database. [Электронный ресурс] URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov (дата обращения: 25.03.2019).

12. Guidechem Chemical Network. [Электронный ресурс] URL: https://www.guidechem.com (дата обращения: 25.03.2019).

13. Shell Chemicals: Technical Datasheet ShellSol 2046 NA. March 2016. 3 p.

14. Canada Colors and Chemical Limited: Safety Data Sheet of Solvesso 150 ND. 19.06.2018. 13 p.

15. Соколов Н.Д. Водородныя связь // Успехи физических наук. 1995. Т. LVII. вып. 2. С. 205–278.

УДК 66.021.1:532.5

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРИТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ ДВИЖЕНИЯ ДВУХФАЗНОЙ СМЕСИ ПРИ НАЛИЧИИ ЧАСТИЦ МЕЛЬЧАЙШИХ ФРАКЦИЙ

Кондратьев А.С., Швыдько П.П.

ФГБОУ ВО «Московский политехнический университет», Москва, e-mail: ask41@mail.ru, shvydko.p@gmail.com

На основе анализа существующих представлений о влиянии мельчайших фракций твердых частиц на величину критической скорости двухфазной смеси предложена расчетная зависимость для определения влияния частиц мельчайшей фракции на величину критической скорости. Максимальный размер мельчайших твердых частиц определяется из условия, что кинетическая энергия наиболее крупных частиц из мельчайших фракций, которая определяется по скорости их стесненного осаждения, равна кинетической энергии теплового движения молекул жидкости $3kT/2$. Эти частицы мельчайших фракций вместе с жидкостью образуют новую несущую среду, в которой перемещаются частицы более крупных фракций. При этом плотность и вязкость несущей среды выше плотности и вязкости чистой жидкости. На основе анализа опытных данных получено эмпирическое выражение, позволяющее определить размер частиц, которые относятся к мельчайшим. Проведенное сопоставление опытных и расчетных данных показало значительно лучшее согласие между ними, в сравнении с ранее использованными представлениями. Показано, что отсутствие экспериментальных данных по фактической форме частиц мельчайших фракций, которая может почти в кратность изменить скорость стесненного осаждения частиц, не позволяет провести более полное сопоставление опытных и расчетных данных.

Ключевые слова: критическая скорость, частицы мельчайших фракций, энергия теплового движения молекул, скорость стесненного осаждения

DETERMINATION OF CRITICAL VELOCITY OF MOTION OF TWO-PHASE MIXTURES IN THE EXISTENCE OF PARTICLES OF SMALLY FRACTIONS

Kondratev A.S., Shvydko P.P.

Federal State Budgetary Education Institution of Higher Education Moscow Polytechnic University, Moscow, e-mail: ask41@mail.ru, shvydko.p@gmail.com

Based on the analysis of existing ideas about the influence of the smallest fractions of solid particles on the critical velocity of a two-phase mixture, a calculated dependence is proposed to determine the influence of particles of the smallest fraction on the critical velocity. The maximum size of the smallest solid particles is determined from the condition that the kinetic energy of the largest particles from the smallest fractions, which is determined by the speed of their constrained deposition, is equal to the kinetic energy of the thermal motion of liquid molecules 3kT / 2. These particles of the smallest fractions together with the liquid form a new carrier medium in which the particles of larger fractions move. At the same time, the density and viscous carrier medium is higher than the density and viscosity of a pure liquid. Based on the analysis of experimental data, an empirical expression is obtained which allows to determine the size of particles, which are among the smallest. The comparison of experimental and calculated data showed a much better agreement between them, compared with the previously used views. It is shown that the absence of experimental data on the actual shape of particles of the smallest fractions, which can almost in multiplicity change the speed of constrained particle deposition, does not allow a more complete comparison of experimental and calculated data.

Keywords: critical speed, particles of the smallest fractions, the energy of the thermal motion of molecules, the rate of constrained deposition

Расчет критической скорости гидротранспортирования, так же как и удельных потерь напора, является важнейшим показателем, определяющим техническую возможность реализации и экономическую эффективность трубопроводного гидротранспорта твердых материалов. Анализируемый процесс необходимо учитывать при расчете трубчатых аппаратов в различных химических технологиях в которых используются гидромеханические процессы переноса частиц твердых веществ в жидкости. В отечественной технической литературе большая часть исследователей под критической скоростью понимают величину, которая определяется путем визуального наблюдения за потоком гидросмеси через специальные прозрачные вставки, установленные вдоль нижней образующей трубопровода, а опытное значение критической скорости определялось как минимальное значение скорости, при которой твердые частицы начинали выпадать на дно трубопровода [1].

Анализ методов расчетов критической скорости

В работах [2, 3] на основе собственных экспериментальных исследований и анализа практически всех известных эмпирических зависимостей иностранных авторов, предложено выражение для критической скорости гидротранспортирования монодисперсных частиц

$$U_{cr} = 0{,}124\ \alpha^{1/2}[d_{es}\ (\rho_h/\rho)\ (gD)^{1/2}/\nu]^{0{,}37}(d_{es}\,S/D)^{-0{,}007}\exp(3{,}1\varphi), \quad (1)$$

где $\alpha = (\rho_p/\rho - 1)$ – относительная избыточная плотность гидросмеси; d_{es} – эффективный средний диаметр частиц по Саутеру (Sauter mean diameter), который равен отношению шестикратного объема частицы к площади её боковой поверхности; $\rho_h = \rho(1 - \varphi) + \rho_p\varphi$ – плотность гидросмеси; ν – кинематическая вязкость жидкости; S – коэффициент сферичности частицы; φ_m – суммарная объемная доля твердой фазы; D – внутренний диаметр трубы; ρ_p – плотность материала частиц; ρ – плотность жидкости; φ – объемная доля твердой фазы

Критическую скорость гидротранспортирования для полидисперсных смесей твердых частиц в стальных трубопроводах, находящихся в длительной эксплуатации, рекомендуется определять по формуле, приведенной в работе [1]

$$U_{cr} = 9(\alpha g D\nu/\ k_s)^{1/3}(\varphi\ \psi)^{1/6}, \quad (2)$$

здесь k_s – величина шероховатости стенки трубы; ψ – коэффициент фиктивного лобового сопротивления полидисперсной смеси частиц твердой фазы или коэффициент транспортабельности гидросмеси, который определяется по формуле

$$\psi = \sum_{i=1}^{n} \varphi_i \psi_i, \quad (3)$$

где φ_i – объемная доля частиц со средним диаметром частиц d_i; ψ_i – коэффициент фиктивного лобового сопротивления или коэффициент транспортабельности частиц со средним диаметром d_i, который определяется по табличным данным, приведенным в работе [1].

Выражение (2) основывается на обобщении опытных данных по гидротранспортированию полидисперсных смесей угля, песка и хвостов обогащения при изменении плотности твердой фазы от 1630 кг/м^3 до 3360 кг/м^3 [1].

На основании проведенных поверочных численных расчетов в дальнейшем принято, что значения коэффициентов транспортабельности определяются следующими непрерывными зависимостями [4], сглаживающими скачки коэффициентов ψ_i при табличном задании величин $d_{,i}$ в следующем виде

$$\psi_i = 0{,}02;\ \text{при}\ d_i \le 0{,}05\ \text{мм};$$

$$\ell g\ \psi_i = [-0{,}855247\sin x_i + 3{,}59186\cos x_i - 4{,}02226]; \quad (4_1)$$

$$\text{при}\ 0{,}05\ \text{мм} \le d_i \le 0{,}375\ \text{мм};$$

$$\ell g\psi_i = [0{,}0269317x_i^4 - 0{,}00195969x_i^3 - 0{,}387418x_i^2 + 0{,}690757x_i - 0{,}0337382]; \quad (4_2)$$

$$\text{при}\ 0{,}375\ \text{мм} \le d_i \le 60\ \text{мм};$$

где $x_i = \ell g\ d_i$, причем размерность d_i в мм.

Проанализируем возможности использования эмпирических зависимостей (1) и (2) при определении критических скоростей частиц существенно более мелких фракций. Разные авторы определяют это понятие различным образом. Например, в работе [5] под частицами «пылевидных фракций» понимаются мельчайшие частицы, размер которых не превышает $d_d \le 10$ мкм. Далее высказывается предположение, что эти частицы образуют несущую среду, со своей плотностью и вязкостью, в которой перемещаются частицы более крупных фракций из дисперсных частиц песка, хвостов обогащения или рудных концентратов. Какая-либо зависимость максимального размера мельчайших частиц от плотности материала частиц твердой фазы не предполагается, хотя физически ясно, что с повышением плотности материала частиц, их «избыточный» вес возрастает. В работе [6], при расчете параметров гидротранспортирования разработанных грунтов и нерудных полезных ископаемых учет влияния частиц мельчайших фракций не проводится. При расчете же параметров гидротранспортирования продуктов обогащения рудных полезных ископаемых, имеющих более высокую плотность материала частиц, рекомендуется к мелким частицам относить частицы

$$d_d \le \{6\ M/[\pi\ (\rho_p - \rho)]\}^{1/3}, \quad (5)$$

где $M = 10^{-6}$г – средневзвешенная масса мелких частиц.

В работе [7] предполагается, что частицы крупностью менее 0,15 мм полностью увлекаются потоком и за счет этого повышают плотность несущей среды. Связанное с этим изменение вязкости несущей среды не обсуждается.

Цель работы: количественное уточнение понятия термина «частицы мельчайших фракций» двухфазной смеси, его физическое обоснование и уточнение эмпирической формулы для определения критической скорости при наличии частиц мельчайших фракций.

Уточнение понятия о мельчайших частицах твердой фазы

В работе [8] отмечается, что минимальный размер твердых частиц, для которых реализуется свободное осаждение твердых частиц, определяется из условия, что кинетическая энергия осаждающихся частиц равна средней кинетической энергии теплового движения молекул несущей жидкости. В случае частиц меньшего размера на процесс осаждения будет оказывать влияние броуновское движение молекул несущей жидкости, которое не учитывается ни в одном из известных методов расчетов движения двухфазных потоков. Принимая, что режим обтекания частиц ламинарный из условия равенства кинетической энергии осаждающейся частицы, определенной по скорости свободного осаждения при ламинарном режиме обтекания (стоксовский режим гидравлического сопротивления) и тепловой энергии молекул жидкости, равной $3kT/2$, получим

$$d_d \le \{5832\, k\, T\, \nu^2 / [\pi\, (\rho_p / \rho - 1)^3 g^2\, \rho]^{1/7}\}, \quad (6)$$

где $k = 1{,}38 * 10^{-23}$ Дж/К – постоянна Больцмана; $T = 293$ К – температура жидкости.

В табл. 1 приведены значения диаметров твердых частиц, рассчитанных по формулам (5) и при знаке равенства в (6). В расчетах принималось, что $\rho = 10^3$ кг/м^3; $\nu = 10^{-6}$ м^2/с.

Расчет величин d_d по формулам (5) и (6) приводит к существенно разным значениям. Качественно это можно объяснить тем, что формула (5) получена в результате анализа опытных данных, полученных на продуктах обогащения рудных полезных ископаемых с большой плотностью материала твердых частиц, порядка 5000÷6000 кг/м^3. В работе [5] к частицам пылевидных фракций относятся частицы менее 10 мкм, которые при плотности частиц твердой фазы порядка 2500÷3000 кг/м^3 достаточно хорошо коррелируют с расчетом по формуле (6). По этой причине примем гипотезу, что именно пылевидные частицы вместе с жидкостью образуют однородную жидкую несущую среду, в которой перемещаются частицы более крупных фракций.

В работе [9] приведены опытные данные по потерям напора при различных скоростях перекачки, в том числе и при критической скорости. В работе также приведен гранулометрический состав твердой фазы, что делается очень редко. Диаметр трубопровода $D = 0{,}0762$ м (3 *inch*). Несущая среда вода. Остальные исходные данные приведены в табл. 2.

При расчетах по формуле (1) принималось, что коэффициент сферичности $S = 1$, а эффективный диаметр частиц d_{es} равен фактическому среднему диаметру частиц d_{50}. По форме, ближе всего к частицам сферической формы были кварцевые 100 мкм частицы, в меньшей мере 10 мкм кварцевые частицы. Стальные частицы в 100 мкм и 10 мкм имели произвольную форму, далекую от сферической, с оплавленными краями Частицы оксида алюминия имели также произвольную угловатую форму со сравнительно острыми ребрами. Плотность гидросмеси определяется по данным, приведенным в табл. 2. Из данных, представленных в табл. 2 следует, что расчеты по формуле (1) при использовании величин d_{50} с погрешностью порядка 20% согласуются с опытными данными в случае частиц с крупными значениями d_{50} равными 125,7 мкм и 140,3 мкм. При дальнейшем уменьшении величины d_{50} расхождение возрастает до 50% и 100% и, неожиданно уменьшается до 20% при $d_{50} = 6{,}2$ мкм, то есть при частицах броуновского масштаба. При расчете по формуле (2) с использованием величин d_{50} расхождение расчетных и опытных данных для крупных частиц примерно такого уровня, а при двух мелких фракциях, расхождение между опытными и расчетными значениями возрастает в большей мере.

Таблица 1

Максимальные значения диаметра твердых частиц d_d, рассчитанных по зависимостям (5) и (6)

ρ_p, кг/м^3;	1500	2000	2500	3000	3500	4500	5500	6500	7500	8500	9500
d_d, мкм (5)	156	124	108	98	91	82	75	70	66	63	59
d_d, мкм (6)	18	13,4	11,3	9,96	9,06	7,8	7,0	6,5	6	5,7	5,4

В предпоследней строке табл. 2 приведены результаты расчетов по формуле (2) с учетом возможности использования данных по гранулометрическому составу твердой фазы. В третьем, четвертом и пятом случаях результаты расчетов с учетом гранулометрического состава практически совпадают с аналогичными расчетами с использованием величин d_{50}. Использовать выражение (2) для расчета критической скорости при гидротраспортировании частиц «пылевидных» фракций твердой фазы для 1 и 2 вариантов расчетов нет оснований, поскольку эта зависимость не содержит твердых частиц в области $d_i \le 0{,}05$ мм.

Расчет критической скорости при наличии частиц мельчайших фракций

В качестве одного из возможных способов учета наличия гранулометрического распределения твердых частиц в области $d_i \le 0{,}05$ мм положим что «пылевидные» частицы, определяемые по формуле (6) и меньшего размера, образуют совместно с жидкостью несущую среду, с плотностью и вязкостью, определяемых выражениями

$$\rho_* / \rho = [1 - \varphi + (\rho_{p/}\rho)\,\varphi_*] / (1 - \varphi + \varphi_*);$$

$$\mu_* = \mu\,(1 - \varphi_*/0{,}65)^{-1{,}675}, \qquad (7)$$

где φ_* – объемная доля пылевидных частиц, размером меньших максимального размера d_{d*}.

В формулу (2) входит отношение v/k_s, полученное для воды в трубе с технической шероховатостью стенки трубы, эквивалентной высоте песочной шероховатости 20 мкм. Поскольку предполагается, что частицы более крупных фракций перемещаются в несущей среде, образованных водой и «пылевидными» фракциями твердой фазы, то принимается, что справедливы следующие преобразования

$$v/k_s = \mu\,/(\rho\,k_s) \rightarrow \mu_*/(\rho_*\,k_s) = = \mu\,(1 - \varphi_*/0{,}65)^{-1{,}675}/[(\rho_*/\rho)\,\rho k_s] =$$

$$= (v/k_s)\,(-\varphi_*/0{,}65)^{-1{,}675}/(\rho_*/\rho) = 0{,}05(1 - \varphi_*/0{,}65)^{-1{,}675}/(\rho_*/\rho). \qquad (8)$$

Таблица 2

Значения плотности, грансостава твердых частиц, опытных и расчетных значений критических скоростей

Дисперсное вещество	Кварц	Сталь	Оксид Aℓ	Кварц	Сталь
ρ_p, кг/м^3	2500	7950	3770	2500	7950
φ	0,098	0,093	0,087	0,074	0,03
d_5, мкм	1,6	7,2	30,9	91,0	55,2
d_{10}, мкм	2,8	8,4	38,2	97,4	68,1
d_{20}, мкм	3,8	9,8	49,7	106,4	90,8
d_{30}, мкм	4,6	11,2	56,7	113,1	112,0
d_{40}, мкм	5,4	13,1	62,4	119,4	127,9
d_{50}, мкм	6,2	15,1	67,6	125,9	140,3
d_{60}, мкм	7,2	17,3	73,2	132,8	151,3
d_{70}, мкм	8,9	20,4	79,9	140,6	161,9
d_{80}, мкм	10,7	24,7	89,0	150,7	173,8
d_{90}, мкм	12,5	31,4	107,3	167,0	190,6
d_{95}, мкм	14,4	37,7	129,5	182,3	203,9
$U_{cr(exp)}$, м/с	0,366	0,762	0,914	1,219	2,438
$U_{cr(cal)}$ (1), м/с, расчет по d_{50}	0,43	1,44	1,385	1,53	2,37
$U_{cr(cal)}$ (2_1) м/с, расчет по d_{50}	1,22	2,01	1,39	1,45	2,17
$U_{cr(cal)}$ (2_1) м/с, расчет по грансоставу	–	–	1,48	1,47	2,16
$U_{cr(cal)}$ (13), м/с, расчет по грансоставу и по d_{50}	0,358	1,215 1,022	–	–	–

Определим величину d_{d*} не по скорости свободного осаждения частиц, а по скорости их стесненного осаждения [8], что в большей степени соответствует действительности,

$$V_s = V_0 (1 - \varphi_*)^{2,525}/f_*, \quad (9)$$

где f_* рассчитывается по формуле [8]

$$f_* = [(1 - (6\ \varphi_*/\pi)^{2/3}\pi/4]^{-0,5}. \quad (10)$$

С учетом последнего выражения получим, что

$$d_{d*} = d_d [f_* / (1 - \varphi_*)^{2,525}]^{2/7}. \quad (11)$$

В условиях первого опыта при $d_d = 11,3$ мкм при ожидаемом содержании пылевидных фракций $\varphi_* = 0,098 * 0,9 = 0,0882$ получим, что $d_{d*} = 12,5$ мкм. То есть доля пылевидных частиц является преобладающей. В условиях второго опыта при $d_d = 5,4$ мкм даже при максимально возможной объемной доли частиц $\varphi_* = 0,093$ величин $d_{d*} = 5,9$ мкм. Фактически же, в этом случае доле пылевидных частиц находится на уровне 2÷3%, и их ожидаемое влияние на величину критической скорости будет незначительно.

Вторым моментом, который необходимо уточнить, являются значения коэффициентов транспортабельности d_i, которые, как следует из выражений (4), для частиц наименьшего класса определяется выражением $\psi_i = 0,02$; при $d_i \le 0,05$ мм. Это значение $\psi_i = 0,02$, при малой доли частиц фракций $d_i \le 0,05$ мм слабо влияет на результаты расчета критической скорости реальных промышленных гидросмесей, где доля пылевидных фракций крайне мала, так как при любых обогатительных процессах, они удаляются в процессе сгущения гидросмесей. В случае движения гидросмесей с преимущественным содержанием частиц пылевидных фракций необходимо более детальное дифференцированное задание коэффициентов транспортабельности для частиц такого класса.

В дальнейшем примем, что у частиц с $d_i \le d_{d*}$ коэффициент транспортабельности ψ равен нулю, то есть при $d_i \le d_{d*}\ \psi_* = 0$, а при больших значениях d_i он принимает следующие значения: при $d_1 = 0,05$ мкм $\psi_1 = 0,01$, а при $d_2 = 0,15$ мкм $\psi_2 = 0,1$. Аппроксимируя эти три пары значений d_i и ψ_i квадратичной зависимостью, получим

$$\psi_i = -a (d_i - d_{d*})^2 + в (d_i - d_{d*}), \quad (12)$$

где

$$a = [\psi_1 (d_2 - d_{d*}) - \psi_2 (d_1 - d_{d*})] / [(d_2 - d_{d*})(d_1 - d_{d*})(d_2 - d_{d1})];$$

$$в = [\psi_1 + a(d_1 - d_{d*})^2] / (d_1 - d_{d*}).$$

В результате выполненных преобразований, формула (2) преобразуется в выражение

$$U_{cr} = 3,3156[\alpha g D\ (1 - \varphi_*/0,65)^{-1,675}/(\ \rho_*/\rho)]^{\ 1/3}(\varphi\psi)^{1/6}, \quad (13)$$

в котором выражение $(\varphi\psi)^{1/6}$ рассчитывается по формулам (11) и (12), причем значения φ и φ_i относятся к частицам с $d > d_{d*}$.

В последней строке табл. 2 приведены расчетные значения U_{cr} по формуле (13) для условий первого и второго опытов. Для первого опыта получено хорошее согласие расчетного значения U_c с опытным значением U_{cr}. Во втором опыте различие расчетного (верхнее значение) и опытного значения U_c сохраняется весьма значительным и составляет около 60%, хотя и значительно меньше, в сравнении с прямым расчетом по зависимостям (1) и (2). Для условий второго опыта был проведен расчет критической скорости (нижнее значение) с использование значения d_{50}, которое составило 1,022 м/с и расхождение с опытными данными уменьшилось примерно вдвое.

Для дальнейшего обоснования изложенной модели учета влияния пылевидных фракций на величину критической скорости двухфазного потока необходимо дальнейшее обобщение опытных данных и представление последних в возможно более широком объеме, в первую очередь в части гранулометрического состава частиц и фактической формы частиц. Важность последнего фактора, как было показано в работе [8], может стать определяющим. Поясним это следующим расчетным примером. Рассмотрим свободное осаждение трех частиц, имеющих различные формы: 1 – сопряженных по основанию двух прямых конусов с радиусом основания R и высотой каждого из конусов также R; 2 – те же конусы, между которыми расположена цилиндрическая вставка того же радиуса и высотой $h = R$: 3 – те же конусы, между которыми расположена цилиндрическая вставка того же радиуса и высотой $h = 2R$. Используя выражений (1), (3) и оставляя в правой части (4) только первый член, можно получить выражение для скорости свободного осаждения частиц при их различной ориентации

в потоке [8]. Рассмотрим два варианта расположения частиц в потоке: 1 – вдоль оси конусов и 2 – в перпендикулярном направлении. Для отношения скорости в перпендикулярном направлении U_+ к скорости в параллельном направлении к оси конусов U_- имеет вид

$$U_{+/}U_{-} = (d_{e-} / d_{e+})(d_{m+} / d_{m-})^{2/}. \qquad (14)$$

В табл. 3 приведены результаты расчетов по формуле (14).

Таблица 3

Отношение скоростей свободного осаждения при различной ориентации частиц в потоке

h / R	0	1	2
U_+ / U-	0,67	1,24	1,82

Из этих расчетных оценок следует, что учет ориентации частицы относительно направления её движения является весьма существенным. Так, например, при осаждении конусообразной частицы, без цилиндрической вставки ($h / R = 0$), частица должна перемещаться с ориентацией оси конусов перпендикулярной к направлению осаждения, то есть она сориентируется в потоке на минимальное значение коэффициента лобового сопротивления. С возрастанием размера цилиндрической вставки ($h /R > 0$), частицы постепенно переориентируются осью конусов в направлении осаждения. Из этого примера следует, что, наряду с гранулометрическим составом, необходима полная информация о фактической форме частиц различной степени дисперсности. Примечательно также, что в выражение (14) не входит эффективный диаметр частицы d_v, определенной по её массе, что ещё раз демонстрирует ограниченность применения его как единственной геометрической характеристики твердой фазы в дисперсных потоках. Подчеркнем, что в данном случае речь идет о пространственной ориентации частиц в пристенной зоне течения, где величина скорости в продольном направлении в кратность отличается от скорости в ядре потока при том же уровне скорости частиц в вертикальном направлении. Поэтому из общих физических представлений, можно ожидать, что если коэффициент сопротивления в вертикальном направлении возрастет, то величина критической скорости уменьшится. Для подтверждения такого предположения необходима опытная информация о геометрической форме частиц мельчайших фракций.

Заключение

Предложена уточненная формула расчета критической скорости гидротранспортирования при наличии мельчайших частиц твердой фазы. Максимальный размер частиц определен из условия равенства кинетической энергии осаждающейся частицы тепловой энергии молекулы жидкости. Показано, что имеющаяся экспериментальная информация о движении таких двухфазных потоков должна быть дополнена сведениями о фактической форме частиц мельчайших фракций.

Список литературы

1. Силин Н.А., Витошкин Ю.К., Карасик В.М., Очеретько В.Ф. Гидротранспорт (вопросы гидравлики). Киев: Наук. думка, 1971. 160 с.

2. Souza Pinto T.C., Moraes Junior D., Slatter P.T., Leal Filho L.S. Modelling the critical velocity for heterogeneous flow of mineral slurries. Inter. Jour. Multiph. Flow. 2014. V. 65. P. 31–37.

3. Souza Pinto T.C. Modelagem da velocidate critica de transporte de polpas minerais contendo particulas grossas. Ph. Thesis. University of Sao-Paulo. Sao Paulo. 2012. 180 p.

4. Кондратьев А.С., Швыдько П.П. Критическая скорость транспортирования монодисперсных минеральных гидросмесей // Изв. МГТУ «МАМИ» Естеств. науки. 2015. № 1 (23). Т. 4. С. 49–55.

5. Криль С.И. Напорные взвесенесущие потоки. Киев: Наукова думка, 1990. 160 с.

6. Орешкин В.Л., Слепой Ю.Ш., Колбенева М.Д., Бассоло К.С., Седлович Д.С., Сазонов Г.Т., Райлян Г.А. Пособие по проектированию гидравлического транспорта (К СНиП 2.05.07-85). Промтрансниипроект Госстроя СССР. М.: Стройиздат, 1988. 28 с.

7. Семененко Е.В., Татарко Л.Г. Расчет параметров гидротранспорта в полиэтиленовых трубах при существенной неоднородности плотности и крупности транспортируемых частиц // ISSN 1607-4556 (Print), ISSN 2309-6004 (Online) Геотехніна механіка. 2013. № 109. С. 120–133.

8. Кондратьев А.С. Осаждение полимодальных твердых частиц в ньютоновсих жидкостях. М.: Спутник+, 2014. 121 с.

9. Deposition Velocities of Newtonian and Non- Newtonian Slurries in Pipelines (Poloski A.P., Adkins H.E., Abrefah J. and others). Pacific Northwest National Laboratory. Richland. Washington. 2009. 179 p.

УДК 628.9:621.3

РАЗРАБОТКА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫХ СИСТЕМ ОСВЕЩЕНИЯ

Копытов С.М., Ульянов А.В., Шибеко Р.В.

ФГБОУ ВО «Комсомольский-на-Амуре государственный университет», Комсомольск-на-Амуре, e-mail: ulianov2@mail.ru

В статье рассматриваются вопросы построения современных систем освещения. Обоснована актуальность проблемы повышения энергоэффективности систем освещения в настоящее время. В начале статьи приведены структуры осветительных линий с большим количеством осветительных элементов с централизованным управлением. Рассматриваются несколько вариантов структур с общей или индивидуальной диагностикой, с отдельным информационным каналом связи датчиков и регулятора мощности с блоком управления осветительной линией или с передачей аналогичной информации по линии питающего напряжения. Пояснены назначения блоков структур и способы плавного и дискретного управления мощностью светильников. Приведены случаи применения данных систем освещения на практике. Далее в статье рассматриваются светильники с индивидуальным управлением. Пояснены недостатки применения фотодатчика и обозначена актуальность управления по таймеру. Добавление в функции таймера функции определения времени захода и восхода солнца (астротаймер). Показана и пояснена функциональная схема осветительного прибора с индивидуальным микроконтроллерным управлением как с модулем GPS так и без. Представлено разнообразие структур построения систем освещения, как с централизованным, так и индивидуальным управлением. Исследован вопрос управления освещением по таймеру с функцией учета времени восхода и захода солнца (астротаймер). Реализована программа астротаймера для микроконтроллера и доказана ее точность вычисления.

Ключевые слова: осветительная линия, датчики, таймер, фотодатчик, астродатчик, микроконтроллер, модуль GPS, программа

DEVELOPMENT OF ENERGY EFFICIENT LIGHTING SYSTEMS

Kopytov S.M., Ulyanov A.V., Shibeko R.V.

Komsomolsk-on-Amur State University, Komsomolsk-on-Amur, e-mail: ulianov2@mail.ru

The article deals with the construction of modern lighting systems. The urgency of the problem of improving the energy efficiency of lighting systems at present is substantiated. At the beginning of the article the structures of the lighting lines with a large number of lighting elements with centralized control are given. Several variants of structures with common or individual diagnostics are considered, with a separate information channel for the connection of sensors and a power regulator with the control unit for the lighting line or with the transmission of similar information through the supply voltage line. The purpose of the block structures and methods of smooth and discrete control of the power of the lamps are explained. The cases of using these lighting systems in practice are given. Further in the article lamps with individual control are considered. The disadvantages of using a photo sensor are explained and the relevance of timer control is indicated. Adding in the timer function the function of determining the time of sunset and sunrise (astrotimer). The functional diagram of the illuminant with individual microcontroller control both with and without the GPS module is shown and explained. Presents a variety of structures for the construction of lighting systems, both with centralized and individual control. The issue of lighting control by timer with the function of recording the time of sunrise and sunset (astrotimer) is investigated. The astro timer program for the microcontroller is implemented and its calculation accuracy is proved.

Keywords: lighting line, lighting system, sensors, timer, photo sensor, astrosensor, microctroller, GPS module, program

Проблема повышения эффективности энергопотребления в XX в. не стояла в числе первоочередных, особенно в Советском Союзе. Энергоресурсы были дешевые, и, казалось, запасы их бесконечны. Конечно, предпринимались попытки в данной области, но они касались в основном промышленного производства. Бытовое и коммунальное энергопотребление было невелико, и вся экономия энергии ограничивалась призывами со стороны властей выключать лампочки, горящие без надобности.

В XXI в. ситуация изменилась и проблема повышения эффективности энергопотребления вышла на важное место среди технических проблем. К тому же улучшение ситуации в данном вопросе может дать существенный вклад в решение других проблем, стоящих перед человечеством, например экологических. Разумеется, решение такой глобальной задачи предполагает усилия во всех сферах технической деятельности человека.

На первый взгляд, освещение (как уличное, так и в помещениях) не является таким уж энергоемким. Однако по статистическим данным на освещение тратится более 10% от всей вырабатываемой в нашей стране энергии. Таким образом, повышение энергоэффективности систем освещения является актуальной задачей [1].

Естественно, что первым шагом для увеличения энергоэффективности является замено морально устаревших источников света (лампы накаливания) на более экономичные (светодиодные лампы).

Далее следует усовершенствование управления светильниками [2, 3]. Большинство технических решений систем освещения в стране на данный момент морально устарели. Чаще всего это отдельные линии без центрального мониторинга, которые имеют только функции включения/выключения с управлением контакторами или магнитными пускателями, а иногда и просто рубильниками (выключателями). В лучшем варианте управление ведется от сигналов таймеров или фотодатчиков. Модернизация таких линий также позволяет следовать тенденции «интеллектуализации» оборудования и повышении многофункциональности [4, 5].

Цель исследования: представить разнообразие структур построения систем освещения, как с централизованным, так и индивидуальным управлением. Исследовать вопрос управления освещением по таймеру с функцией учета времени восхода и захода солнца (астротаймер). Реализовать программу астротаймера для микроконтроллера привести результаты расчета.

Материалы и методы исследования

Рассмотрим вначале построение осветительных линий с большим количеством источников света.

Структура осветительной линии, состоящей из нескольких осветительных элементов с общим управлением, представлена на рис. 1.

На рис. 1 обозначено:

– РМ – регулятор мощности. Позволяет управлять мощностью, подводимой к светильникам.

– ОЭ – осветительный элемент. Является источником света.

– БУЛОЭ – блок управления линией осветительных элементов. Является центральным звеном управления.

– ФД – фотодатчик. Преобразует освещённость в месте установки в сигнал для БУЛОЭ.

– Т – таймер (часы реального времени). Подсчитывает реальное время.

– ДП – датчик присутствия. Фиксирует наличие движения в месте установки.

– БПр – блок передатчика. Сообщает необходимую информацию в центр управления энергосистемой.

– ДН – датчик напряжения. Позволяет измерять действующее значение сетевого напряжения и/или фиксировать переход кривой сетевого напряжения через нуль.

– ДТ – датчик тока. Позволяет диагностировать состояние осветительных элементов в линии и/или вносить коррективы в управление линией.

– ЦУ – центр управления энергосистемой.

Элементы обозначенные сплошной линии являются обязательными. Элементы, обозначенные штриховой линии являются необязательными. Блок управления линией, осветительных элементов управляет освещенностью, настраивая регулятором мощность, подводимую осветительным элементам. В качестве обратной связи для реализации параметров управления, в зависимости от требований потребителя, может применяться фотодатчик, таймер или датчик присутствия. Для диагностики состояния осветительных элементов в систему может быть введён датчик тока, который также позволяет корректировать параметры управления при помощи регулятора мощности в случае наличие большой реактивной составляющей сопротивления линии. В структуру также может быть введён датчик напряжения, который может выполнять функции как измерения действующего значения напряжения сети, так и в случае необходимости фиксации переходов кривой сетевого напряжения через ноль. Система позволяет вычислить потребляемую мощность и вместе с информацией диагностики состояния светильников передавать в центр управления энергосистемой.

Данная структура может применяться достаточно широко (учетом различных датчиков):

– Освещение объектов (улиц, мостов, тоннелей и т.д.) по таймеру.

– Освещение объектов по фотодатчику.

– Освещение объектов по датчику присутствия:

– Освещение мостов в ночное время при малой интенсивности движения. При этом освещение минимально, но при наличии транспортного средства система включает светильники на максимальную мощность на определенное время.

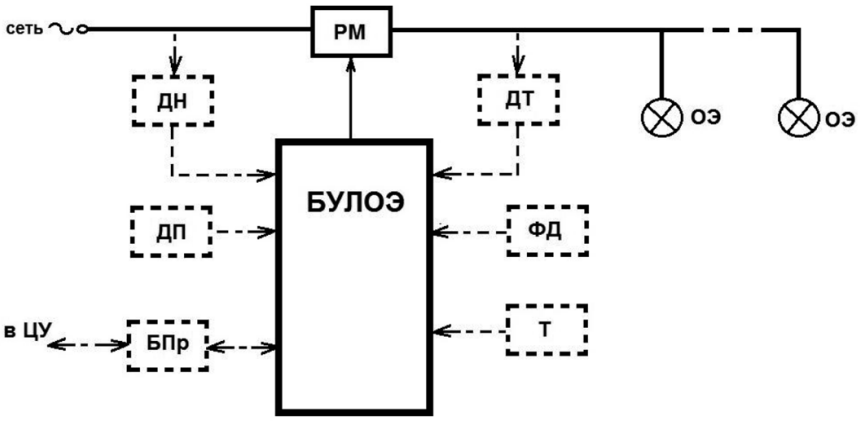


Рис. 1. Структура осветительной линии с общим управлением

– Освещение туннелей в любое время при малой интенсивности движения. При этом освещение минимально, но при наличии транспортного средства система включает светильники на максимальную мощность на определенное время.

– Освещение производственных помещений (цехов) при наличии работников.

На рис. 2 представлены некоторые реализуемые способы регулирования подаваемого в линию напряжения.

Плавное регулирование достигается при помощи угла управления. В остальных случаях регулирование дискретное.

При использовании длинных линий освещения для определения конкретного неисправного светильника целесообразно датчик тока объединить с осветительным элементом в осветительный прибор.

Данная структура представлена на рис. 3 и помимо перечисленных выше блоков здесь присутствуют:

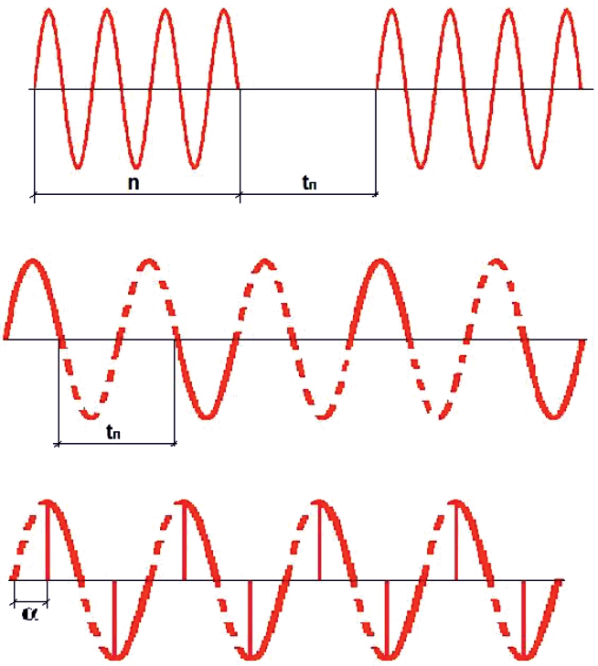
– ОП – осветительный прибор. Объединение осветительного элемента и других устройств.

– БУЛОП – блок управления линией осветительных приборов. Является центральным звеном управления.

– ЛС – линия связи. Информационно соединяет БУЛОП и ДТ.

– УС – устройство сопряжения. Формирует сигналы для передачи по линии связи.

Линии связи могут быть проводные или беспроводные.



n – количество целых периодов, t_n – время паузы

Рис. 2. Способы регулирования подаваемого в линию напряжения:
а – регулирование на низкой частоте, б – регулирование при пропуске целого числа периодов,
в – регулирование при помощи угла управления

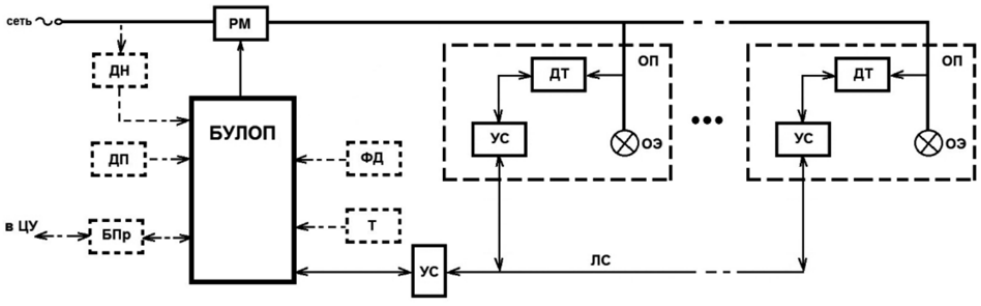


Рис. 3. Длинная осветительная линия с диагностикой осветительных элементов с отдельной линией связи

При необходимости индивидуального управления осветительными элементами в соответствии с информацией с датчиков каждого элемента освещения и наличии отдельной линии связи может применяться структура, показанная на рис. 4.

Помимо перечисленных выше блоков здесь присутствует блок управления регулятором мощности (БУРМ).

Данная структура актуальна во многих случаях, например освещение второстепенных улиц при наличии перекрёстков с главными улицами. При этом второстепенные улицы в ночное время освещаются минимально (кроме перекрестков). Наличие датчиков присутствия транспортного средства позволяет организовать «волну освещенности».

На рис. 5 показана структура системы освещения с передачей информации от датчиков по линии сетевого напряжения [6].

Целесообразность отказа от отдельных каналов управления и использование для передачи команд управления силовые сети очевидна и эта идея не нова (технология PLC (Power Line Communication – коммуникация, построенная на линиях электропередачи)). На сегодняшний день чаще всего используются два способа передачи данных по силовым сетям:

– с модуляцией основной гармоники питающего напряжения;

– с модуляции наложенного напряжения.

Данная структура реализует обмен информацией с датчиками тока через модуляцию наложенного напряжения.

Структура, показанная на рис. 6, реализует раздельное управление элементами освещения и раздельный обмен информацией с датчиками по линии сетевого напряжения, при этом обмен информацией с датчиками осуществляется через модуляцию наложенного напряжения, а управление элементами освещения – через модуляцию основной гармоники питающего напряжения (существует возможность осуществлять обмен информацией только на основной частоте питающего напряжения).

Помимо перечисленных выше блоков на рис. 6 присутствуют:

– М – модулятор основной гармоники питающего напряжения.

– ДМ – демодулятор основной гармоники питающего напряжения.

Способов изменения формы сетевого напряжения множество, например:

– «вырезание» целой полуволны напряжения;

– «вырезание» части полуволны, формируя «угол управления».

При «вырезании» целой полуволны информация может кодироваться:

1) двоичными цифрами фрагментами синусоидального напряжения сети (период с отсутствующей полуволной – логический «0», а период с «не вырезанной» полуволной – логической «1»;

2) одиночный «вырез» полуволны означает команду для всех регуляторов мощности «изменить режим потребления мощности светильника» пошагово;

3) количеством полуволн основной гармоники напряжения, прошедшими между двумя «вырезами» полуволн («маркерами»).

Во всех случаях спектральный состав передаваемого сигнала зависит от передаваемой информации и, в некоторых случаях, может не соответствовать нормам качества электроэнергии и электромагнитной совместимости. Во втором случае теряется гибкость освещения и невозможность диагностики светильников.

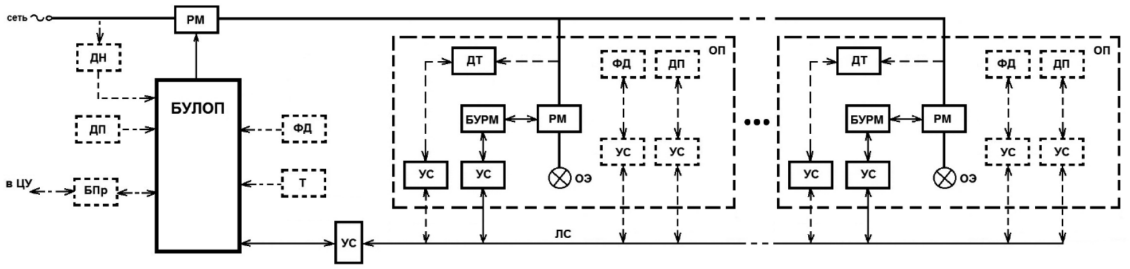


Рис. 4. Длинная осветительная линия с датчиками осветительных приборов с отдельной линией связи

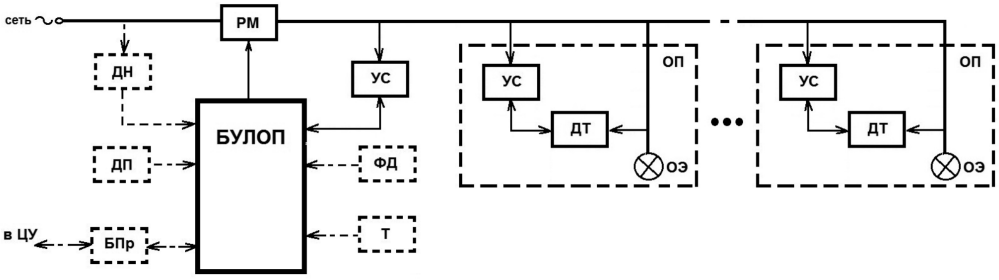


Рис. 5. Длинная осветительная линия с диагностикой осветительных элементов без отдельной линии связи

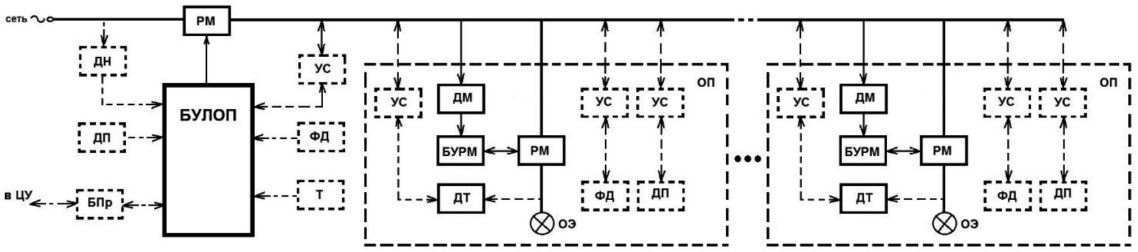


Рис. 6. Длинная осветительная линия с датчиками осветительных приборов без отдельной линии связи

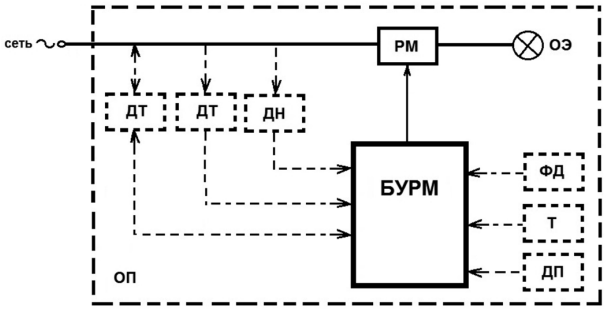


Рис. 7. Структура светильника с индивидуальным управлением

Для улучшения спектрального состава сетевого напряжения при передаче информации для блоков управления регуляторов мощности, маркер целесообразно формировать не в виде «выреза» целой полуволны, а в виде уменьшенной по амплитуде полуволны напряжения сети.

Рассмотрим светильники с индивидуальным управлением, потребность в которых не снижается. В качестве примера использования можно привести системы освещения небольших предприятий (больницы, школы и т.д.) и коммунальный сектор.

На рис. 7 представлена обобщенная структура светильника с индивидуальным управлением. Блоки пояснены ранее. Устройство сопряжения позволяет передавать информацию (как правило, диагностическую) о состоянии светильника (например, светильники в подъезде многоквартирного дома).

Чаще всего светильники оснащают фотодатчиками, или они работают по таймеру.

Использование фотодатчика имеет свои недостатки:

– фотодатчик надо выносить на улицу;

– фотодатчик требует обслуживания. В зимнее время фотодатчик будет обмерзать и забиваться снегом, а в летнее время источником загрязнения служит пыль. В этих случаях свет будет гореть и днем;

– при паразитной засветке датчика свет не будет гореть, когда надо;

– отсутствие возможности настройки автоматического выключения, когда свет не нужен;

– отсутствие возможности включения света с опережением\запаздыванием относительно уровня освещения.

Светильник с таймером (часами реального времени) данными недостатками не обладает. Однако очень часто уличное размещение светильника с обычным таймером не учитывает изменение времени восхода и захода солнца на широте использования светильника. Исходя из этого применение астротаймера более целесообразно. В основу работы устройства положен математический расчет астрономических явлений, таких как восход и заход солнца.

На рис. 8 показана функциональная схема осветительного прибора с микроконтроллерным управлением, она состоит из следующих блоков:

– T – таймер (часы реального времени) реального времени. Реализует временные функции.

– FM – флеш-память. Запоминание управляющей программы и инструкций пользователя.

– IC – преобразователь интерфейса SPI в интерфейс USB. Формирует интерфейс USB для программирования устройства пользователем.

– AVR – микроконтроллер. Является центральным управляющим звеном.

– CHC – схема начального сброса. Формирует сигнал начального сброса при включении питания.

– PM – регулятор мощности. Служит для управления яркостью осветительного элемента.

– ОЭ – осветительный элемент. Является источником света.

Схема построена по радиальному принципу. Обмен информацией между таймером реального времени и микроконтроллером происходит по интерфейсу 1–Wire, а между памятью, преобразователь интерфейса и микроконтроллером по интерфейсу SPI. Управление регулятором мощности осуществляется напрямую по линии порта микроконтроллера.

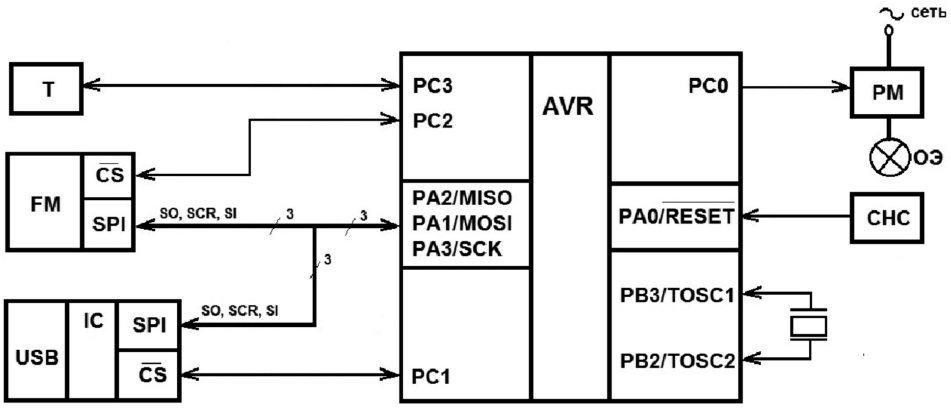


Рис. 8. Функциональная схема осветительного прибора с микроконтроллерным управлением

Для освобождения пользователя от ввода географических координат к микроконтроллеру может быть подключен модуль GPS (рис. 9) по интерфейсу UART, при этом тактирование микроконтроллера осуществляется от внутреннего генератора тактов (актуально при смене положения светильника, например, световая реклама гастролирующего цирка).

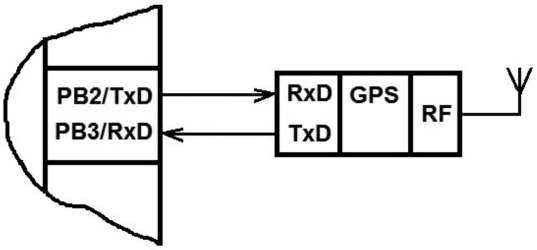


Рис. 9. Подключение модуля GPS

Функциональная схема ориентирована на использование следующих компонентов:

– DS1904– таймер реального времени.

– AT25DF041A–SSH–B – последовательная Flash–память с интерфейсом SPI. Объем памяти 4 Мбит(512k x 8).

– UMFT220XB – преобразователь SPI в интерфейс USB.

– ATtiny416 – 8–битный микроконтроллер.

– EB–500 – GPS–модуль.

Результаты исследования и их обсуждения

Алгоритм определения захода и восхода солнца был заимствован в [7] и адаптирован в программу для микроконтроллера, рис. 10, данный программный модуль вычисляет момент восхода и захода Солнца. Исходные данные для расчета требуемого времени: географические координаты места наблюдения, которые определяет GPS модуль, входящий в состав системы, разница между местным и всемирным временем, время истинного полдня. В результате проверки алгоритма было взято за тест определение восхода и захода Солнца в г. Комсомольске-на-Амуре.

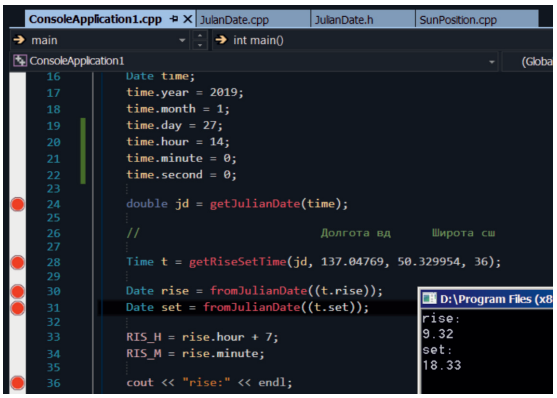


Рис. 10. Работа алгоритма расчета восхода и заката Солнца

Так же формулы использованного алгоритма были проверены в среде MathCad и представлены на рис. 11.

Результат работы программы (рис. 10) и проверка решения в Mathcad дают одинаковый результат, однако, сопоставив полученный результат с интернет-ресурсом https://voshodsolnca.ru, видим разница в расчетах составляет 4 минуты при определении восхода и 1 минуту при определении захода Солнца. Данная погрешность связана с округлением чисел, так как временные параметры определяются из значений, стоящих после запятой полученного из Юлианского дня.

$I := \text{floor}(\text{Data_rise}) = 2458512$

$F_rise := \text{Data_rise} - \text{floor}(\text{Data_rise}) = 0.105700986$

$A_rise := \text{trunc}\left[\frac{(\text{floor}(\text{Data_rise}) - 1867216.25)}{36524.25}\right] = 16$

$B_rise := I + 1 + A_rise - \text{trunc}\left(\frac{A_rise}{4}\right) = 2458525$

$C_rise := B_rise + 1524 = 2460049$

$D_rise := \text{trunc}\left[\frac{(C_rise - 122.1)}{365.25}\right] = 6734$

$E_rise := \text{trunc}(365.25 \cdot D_rise) = 2459593$

$G_rise := \text{trunc}\left[\frac{(C_rise - E_rise)}{30.6001}\right] = 14$

$day_rise := C_rise - E_rise + F_rise - \text{trunc}(30.6001 \cdot G_rise) = 28.105700986$

$month_rise := G_rise - 13 = 1$

$year_rise := D_rise - 4715 = 2019$

$time_rise := day_rise - \text{floor}(day_rise) = 0.105700986$

$hors_rise := time_rise \cdot 24 = 2.537$

$HORS_RISE := \text{floor}(hors_rise) + UTS = 9$

$minutes_rise := 60 \cdot (hors_rise - \text{floor}(hors_rise)) = 32.209$

$MINUTES_RISE := \text{floor}(minutes_rise) = 32$

Время восхода солнца:

HORS_RISE = 9

MINUTES_RISE = 32

$I_set := \text{floor}(\text{Data_set}) = 2458512$

$F_set := \text{Data_set} - \text{floor}(\text{Data_set}) = 0.4817169602$

$A_set := \text{trunc}\left[\frac{(\text{floor}(\text{Data_set}) - 1867216.25)}{36524.25}\right] = 16$

$B_set := I + 1 + A_set - \text{trunc}\left(\frac{A_set}{4}\right) = 2458525$

$C_set := B_set + 1524 = 2460049$

$D_set := \text{trunc}\left[\frac{(C_set - 122.1)}{365.25}\right] = 6734$

$E_set := \text{trunc}(365.25 \cdot D_set) = 2459593$

$G_set := \text{trunc}\left[\frac{(C_set - E_set)}{30.6001}\right] = 14$

$day_set := C_set - E_set + F_set - \text{trunc}(30.6001 \cdot G_set) = 28.4817169602$

$month_set := G_set - 13 = 1$

$year_set := D_set - 4715 = 2019$

$time_set := day_set - \text{floor}(day_set) = 0.4817169602$

$hors_set := time_set \cdot 24 = 11.561$

$HORS_SET := \text{floor}(hors_set) + UTS = 18$

$minutes_set := 60 \cdot (hors_set - \text{floor}(hors_set)) = 33.672$

$MINUTES_SET := \text{floor}(minutes_set) = 33$

Время захода солнца:

HORS_SET = 18

MINUTES_SET = 33

Рис. 11. Проверка результата работы программы в среде Mathcad

Выводы

Постепенно у специалистов меняется отношение к модернизации систем освещения в рамках повышения эффективности энергопотребления электрооборудования вообще. Показано разнообразие структур построения систем освещения, как с централизованным, так и с индивидуальным управлением. Большое внимание уделено управлению освещением по таймеру с функцией учета времени восхода и захода Солнца (астротаймер). Реализована программа астротаймера для микроконтроллера и доказана ее точность вычисления.

Список литературы

1. Тетри Э., Халонен Л. Экономия электроэнергии благодаря энергосберегающему освещению // Светотехника. 2009. № 5. С. 59–64.

2. Никуличев А.Ю., Сапронов А.А. Принцип построения эффективных систем управления уличным освещением // Изв. ВУЗов. Электромеханика (спец. выпуск). 2008. С. 135–137.

3. Бонати А. Энергосбережение посредством интеллектуальных систем светорегулирования // Светотехника. 2009. № 4. С. 41–44.

4. Копытов С.М., Ульянов А.В., Шибеко Р.В. Коммутатор сетевого напряжения для управления светодиодными осветительными приборами с помощью низкочастотной PLC-технологии // Вестник Иркутского государственного технического университета. 2018. Т. 22. № 9. С. 152–161.

5. Kopytov S.M., Ulyanov A.V. Modification of the Dimming Control Method for LED Lighting Using PLC Technology, 2018 International Multi-Conference on Industrial Engineering and Modern Technologies (FarEastCon). Vladivostok, 2018. P. 1–4.

6. Алексеев Е.Г., Шиков С.А., Иванова Е.С. Интегрированные технологии, стандартные интерфейсы и протоколы для построения интеллектуальных систем управления освещением: материалы XXI научно-практической конференции молодых ученых, аспирантов и студентов Национального исследовательского Мордовского государственного университета им. Н.П. Огарёва. В 3-х ч. 2017. С. 602–610.

7. Оливер М., Томас П. Астрономия на персональном компьютере. 4-е изд. СПб.: Питер, 2002. С. 63–70.

УДК 004.891

УЧЕТ ОСОБЕННОСТЕЙ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАДАЧ ПУТЕМ НАСТРОЙКИ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДА ЛОГИЧЕСКОГО АНАЛИЗА ДАННЫХ

Кузьмич Р.И.

ФГАОУ ВО «Сибирский федеральный университет», Красноярск, e-mail: romazmich@gmail.com

Ключевым требованием к современным методам анализа данных является возможность учета особенностей практических задач. При реализации такого преимущества происходит настройка параметров метода на конкретную задачу. Чем больше параметров метода нуждается в настройке, тем больше возможное число его реализаций. Однако в таком случае становится сложнее настроить такой метод под конкретную задачу. Также следует отметить, что корректная настройка параметров метода позволяет найти компромисс между критериями, которые устанавливает заказчик к результатам работы метода. В работе рассматривается метод логического анализа данных, который позволяет производить настройку под конкретную задачу на этапах построения опорного множества признаков, формирования правил, построения классификатора. В качестве примера осуществляется настройка параметров метода при решении задачи управления приземлением космического корабля. Специфическими особенностями данной задачи являются пропущенные значения признаков и малое число наблюдений в выборке, что, бесспорно, осложняет процесс принятия решения о принадлежности к определенному классу. Также следует указать, что в качестве способа тестирования применяется кросс-проверка, а не процентное разделение. Выбор способа тестирования продиктован малым числом наблюдений в выборке.

Ключевые слова: правило, классификатор, настройка, параметр, кросс-проверка

ACCOUNTING THE FEATURES OF PRACTICAL TASKS BY SETTING PARAMETERS OF THE METHOD OF LOGICAL ANALYSIS OF DATA

Kuzmich R.I.

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, e-mail: romazmich@gmail.com

A key requirement for modern data analysis methods is the ability to take into account the specifics of practical tasks. When implementing this advantage, the method parameters are set for a specific task. The more method parameters need setting, the greater the possible number of its implementations. However, in this case, it becomes more difficult to set such a method for a specific task. It should be noted that the correct setting of the method parameters allows finding a compromise between the criteria set by the customer to the results of the method. The paper discusses the method of logical analysis of data, which allows setting for a specific task at the stages of building a support set of features, formation patterns, and building a classifier. As an example, the method parameters are set when solving the task of shuttle landing controlling. Specific features of this task are the missing values of features and a small number of observations in the sample, which undoubtedly complicates the process of making decisions about belonging to particular class. It should be shown that cross-validation is applied as a test method, rather than a percentage split. The choice of testing method is dictated by a small number of observations in the sample.

Keywords: pattern, classifier, setting, parameter, cross-validation

В работе речь пойдет о методе логического анализа данных, принадлежащего к логическим алгоритмам классификации, основная идея работы которых состоит в том, что они выделяют правила из исходных данных. Ранее метод удачно применялся для решения ряда практических задач в различных сферах [1–3]. Суть метода заключается в последовательном выполнении двух операций на области пространства исходных признаков, в которой находятся положительные и отрицательные наблюдения. Первая операция (формирование правил) заключается в формировании семейства малых подмножеств, имеющих типичные положительные и отрицательные особенности. Вторая операция (построение классификатора) заключается в объединении подмножеств, полученных на предыдущем этапе [4].

Отметим, что рассматриваемый метод является достаточно гибким инструментом, который позволяет учитывать предложения заказчика и особенности решаемой практической задачи. Для реализации таких преимуществ на этапах построения опорного множества (множества признаков, позволяющего отделить положительные наблюдения от отрицательных с высокой точностью), формирования правил, построения классификатора имеются параметры метода, которые путем целенаправленной настройки позволяют соблюдать баланс между точностью и трудоемкостью построения правил, распознающей и обобщающей способностями классификатора, интерпретируемостью классификатора и точностью классификации.

Цель исследования: обоснование возможности учета особенностей практических задач методом логического анализа данных путем целенаправленной настройки его параметров.

Ниже приведено описание самих параметров и особенности их настройки на каждом из перечисленных этапов метода [5].

Материалы и методы исследования

Одним из параметров на этапе построения опорного множества является минимальное число признаков, по которым различаются наблюдения разных классов. Изменяя значение параметра, получаем разные пулы признаков для формирования правил. При настройке необходимо соблюдать баланс между точностью классификации и трудоемкостью построения правил. При большом значении данного параметра получаем небольшой пул признаков, сокращая трудоемкость построения правил, поскольку пространство поиска невелико. Однако такая ситуация может привести к неудаче при построении классификатора, который мог бы корректно классифицировать наблюдения тестовой выборки.

Также отметим, что на этапе отбора признаков применяется несколько критериев для оценки каждого из признаков в наборе с целью создания пула выбранных признаков. По каждому рассматриваемому критерию выбираем с целью дальнейшего использования k первых по рангу признаков. Пул состоит из набора этих признаков, которые ранжируются в числе первых k признаков, согласно примененным критериям. Ряд критериев, применяемых для определения значимости признака при разделении положительных и отрицательных наблюдений, описан в [6].

Основанное на наборе правил ранжирование признаков по их значимости служит в качестве основного принципа для итеративной последовательности шагов предлагаемого алгоритма формирования пула признаков. Начиная с исходного пула определяем каждый шаг процедуры формирования нового пула, состоящего приблизительно из половины признаков, имеющих наибольший ранг, в соответствии с ранжированием, базирующимся на наборе правил.

Точность построенного на новом пуле классификатора оценивается на тестовом множестве:

1. Если находится допустимое качество, т.е. если точность приблизительно равна родительской точности, новый пул заменяет предыдущий пул и процесс продолжается.

2. Если точность снижается относительно точности родительского пула, новый пул не является непригодным автоматически. Необходимо проверить его на модифицированном наборе правил. Модификация набора правил с целью его наилучшего представления может быть достигнута варьированием (обычно увеличением) параметров покрытия и степени правила.

3. Если набор правил, классификационная мощность которого имеет допустимую точность, найден, тогда новый пул принят и процесс продолжается.

4. Если не определено наилучшего представления набора правил, тогда новый пул улучшается включением 75% признаков из родительского пула (87,5 или 93,75%).

5. Если этот процесс не создает пул, который определяет набор правил с допустимым качеством, тогда процесс останавливается на родительском пуле как окончательном.

В некоторых случаях требуется, чтобы обеспечивалась робастность, т.е. количество признаков в конечном пуле не должно быть ниже установленного порога. В этих случаях процесс останавливается прежде, чем количество признаков получится слишком маленьким.

В случае наличия выбросов и пропусков значений признаков в выборке эффективно использовать частичные правила, т.е. правила, которые могут покрывать небольшое число наблюдений другого класса. В качестве параметра метода, позволяющего реализовать формирование частичных правил, выступает количество наблюдений другого класса, которое может захватить формируемое правило. При настройке необходимо соблюдать баланс между распознающей и обобщающей способностями классификатора. Отметим, что при низком значении параметра происходит эффект переобучения, т.е. распознающая способность классификатора выше чем обобщающая. Регулируя параметр в сторону его увеличения, необходимо их уравновесить.

В работе [7] исследована и апробирована оптимизационная модель для формирования правил, выделяющих существенно различные подмножества наблюдений выборки. В качестве настраиваемого параметра в данной оптимизационной модели выступает максимальное количество правил, покрывающих каждое наблюдение обучающей выборки в классификаторе. Данный параметр позволяет регулировать количество правил в классификаторе, соблюдая баланс между интерпретируемостью классификатора и точностью классификации. Новый классификатор работает аналогично построенному на базе оптимизационной модели с максимальным покрытием, если значение параметра равно максимальному количеству правил для данного класса. При стремлении значения параметра к 1 в новом классификаторе становится недостаточно правил, чтобы корректно классифицировать вновь поступающие наблюдения, т.е. происходит снижение его обобщающей способности. Эмпирическим путем установлено, что значение параметра надо выбирать в диапазоне от 5 и до значения среднего покрытия правил, построенных с использованием оптимизационной модели с максимальным покрытием, причем чем ниже значение параметра, тем меньше количество правил в классификаторе, что, бесспорно, приводит к росту его интерпретируемости.

В работе [5] приведено описание алгоритмической процедуры выбора базовых наблюдений для формирования правил. Настраиваемым параметром в этой процедуре является количество центроидов для каждого класса, получаемых с помощью применения метода «k-средних» к множеству наблюдений обучающей выборки. При настройке параметра необходимо соблюдать баланс между точностью классификатора и трудоемкостью его построения. Количество правил в классификаторе равно числу полученных центроидов. Таким образом, чем меньше центроидов, тем меньше трудоемкость построения классификатора. С другой стороны, при недостаточном количестве правил в классификаторе точность классификации снижается из-за увеличения числа отказов от классификации. Поэтому, варьируя значение параметра, необходимо следить за изменением числа неклассифицированных наблюдений тестовой выборки.

В работе [8] описана алгоритмическая процедура построения классификатора из набора информативных правил. В качестве параметра в данной процедуре выступает порог информативности. Он позволяет регулировать количество правил в классификаторе, соблюдая баланс между интерпретируемостью классификатора и точностью классификации.

При постепенном увеличении порога информативности интерпретируемость классификатора возрастает, поскольку уменьшается количество правил в нем, но, начиная с определенного значения порога информативности, происходит рост отказов от классификации, следовательно, снижение точности классификации в целом. Причиной увеличения отказов является исключение всех правил, которые ранее покрывали определенные наблюдения тестовой выборки, т.е. появление непокрытых наблюдений при тесте.

Результаты исследования и их обсуждение

Осуществим настройку параметров метода при решении задачи управления приземлением космического корабля [9, 10]. Отметим, что объем выборки для этой задачи равен 15. В табл. 1 приведена выборка для данной задачи, содержащая 6 наблюдений класса с ручным управлением кораблем (0 класс) и 9 наблюдений класса с автоматической посадкой корабля (1 класс). Каждое наблюдение в выборке характеризуется семью признаками: stability, error, sign, wind, magnitude, visibility, class. Как видно, в выборке присутствуют пропущенные значения признаков, которые в табл. 1 обозначены «*».

Пропущенные значения влияют на различные стадии алгоритма. Для начала, если значение исходного признака пропущено, все значения всех бинарных переменных рассматриваются как пропущенные. На стадии построения опорного множества недоступность значений переменной предотвращает использование данной переменной для отличия соответствующего наблюдения от других. Следовательно, в задаче о множественном покрытии ограничение, соответствующее паре, состоящей из наблюдений положительного и отрицательного класса, должно приводить только к тем переменным, чьи значения известны для обоих наблюдений в паре (т.е. коэффициенты для наблюдений с пропущенными значениями должны быть равны 0).

Задача заключается в следующем: необходимо на базе исходной выборки данных извлечь правила для классификации новых наблюдений.

Особенностью настройки метода для задачи управления приземлением космического корабля является выбор способа тестирования. Как правило, для задач классификации применяется процентное разделение – способ тестирования, при котором вся выборка делится на обучающую и тестовую выборки. Но поскольку выборка наблюдений состоит всего из 15 наблюдений, то в качестве способа тестирования в данном случае применяется кросс-проверка.

K-областной метод статистики является одним из методов кросс-проверки. Суть метода заключается в случайном разбиении выборки на k примерно равных подмножеств. При этом классификатор строится на k-1 подмножествах, а потом тестируется на k-м. Так происходит k раз, при этом всегда выбирается новое тестовое подмножество. Мерой качества описанного метода является средняя точность, полученная как среднеарифметическое всех испытаний.

Если число k равно количеству наблюдений в выборке, при этом тестовое множество содержит только одно наблюдение, тогда k-областной метод статистики называется методом поочередного пропуска [11].

Таблица 1

Исходная выборка для задачи управления приземлением космического корабля

stability	error	sign	wind	magnitude	visibility	class
*	*	*	*	*	1	1
1	*	*	*	*	0	0
0	2	*	*	*	0	0
0	1	*	*	*	0	0
0	3	1	1	*	0	0
*	*	*	*	4	0	0
0	4	*	*	1	0	1
0	4	*	*	2	0	1
0	4	*	*	3	0	1
0	3	0	0	1	0	1
0	3	0	0	2	0	1
0	3	0	1	1	0	1
0	3	0	1	2	0	1
0	3	0	0	3	0	0
0	3	0	1	3	0	1

Таблица 2

Примеры правил для задачи управления приземлением космического корабля

stability	error	sign	wind	magnitude	visibility	class
1						0
	<3					0
		1				0
					1	1
				<4		1
	≥3					1

Для формирования правил использовалась модифицированная оптимизационная модель, суть работы которой состоит в том, что правила покрывают небольшое число наблюдений другого класса. Пропущенными значениями признаков в выборке обусловлено применение такой оптимизационной модели. Следует указать успешное использование поисковых алгоритмов оптимизации для решения задач оптимизации, связанных с построением опорного множества и формированием правил. Отличительной чертой таких алгоритмов является применение вычисления функций в точках [12].

Примеры правил, из которых состоит классификатор для метода, приведены в табл. 2. Правила получены с использованием программного приложения, реализованного автором [13].

Согласно полученным результатам, точность классификации составила 80%, т.е. 12 из 15 наблюдений классифицированы правильно. Отметим, что каждое построенное правило состоит из одной переменной, т.е. является легко интерпретируемым. Полученные правила позволяют наглядно обосновать принадлежность данного наблюдения тому или иному классу.

Для сравнения результатов предлагаемого метода по точности данная задача решена в системе анализа данных WEKA с помощью алгоритмов C4.5 [14], RIPPER [14], Adaboost [15]. Количество правильно классифицированных наблюдений для указанных алгоритмов: C4.5 – 9, RIPPER – 9, Adaboost – 11. Таким образом, предлагаемый автором метод в целом показал наилучший результат по точности классификации, кроме того, он характеризуется возможностью учета особенностей практических задач.

Заключение

В работе детально описаны возможности учета особенностей практических задач предложенным методом путем целенаправленной настройки его параметров. На примере задачи управления приземлением космического корабля, специфическим особенностями которой являются пропущенные значения признаков и малое число наблюдений в выборке, приведено эмпирическое подтверждение возможности корректной настройки параметров метода.

Следует подчеркнуть, что особенностями рассматриваемого метода являются обоснование и наглядность принимаемых им решений, возможность выявления новых классов наблюдений, возможность определения важности признака при построении классификатора. Также метод осуществляет всестороннее исследование полного набора признаков, сфокусированного на классификационной мощности комбинации признаков (не ограничивая внимания только индивидуальными признаками), и имеет возможность извлечения новой информации о роли индивидуальных признаков и комбинации признаков через анализ их всесторонних перечислений.

Список литературы

1. Boros E., Hammer P.L., Kogan A., Crama Y., Ibaraki T., Makino K. Logical analysis of data: classification with justification. RUTCOR Technical Report. 2009. no. 5. P. 1–33.

2. Shaban Y., Yacout S., Balazinski M., Jemielniak K. Cutting tool wear detection using multiclass logical analysis of data. Machining Science and Technology. 2017. no. 21 (4). P. 526–541.

3. Herrera J.F.A., Subasi M.M. Logical analysis of multiclass data. RUTCOR Technical Report. 2013. no. 5. P. 1–23.

4. Brauner M.W., Brauner D., Hammer P.L., Lozina I., Valeyre D. Logical analysis of computer tomography data to differentiate entities of idiopathic interstitial pneumonias. RUTCOR Research Report. 2004. no. 30. P. 1–15.

5. Кузьмич Р.И. Модифицированный метод логического анализа данных для задач классификации: дис. … канд. техн. наук. Красноярск, 2016. 136 с.

6. Alexe G., Alexe S., Hummer P.L., Vizvari B. Pattern-based feature selection in genomics and proteomics. RUTCOR Research Report. 2003. no. 7. P. 1–12.

7. Кузьмич Р.И., Масич И.С. Модификация целевой функции при построении паттернов для увеличения различности правил в модели классификации // Системы управления и информационные технологии. 2014. № 2 (56). С. 14–18.

8. Кузьмич Р.И., Масич И.С. Построение модели классификации как композиции информативных паттернов // Системы управления и информационные технологии. 2012. № 2 (48). С. 18–22.

9. UCI Machine Learning Repository [Electronic resource]. URL: http://archive.ics.uci.edu/ml/index.html (01.03.2019).

10. Кузьмич Р.И. Поиск закономерностей при решении задачи управления приземлением космического корабля // Актуальные проблемы авиации и космонавтики: материалы VIII Всероссийской научной-практической конференции творческой молодежи, посвященной 55-летию запуска первого искусственного спутника Земли: в 2 т. Т 1. Технические науки. Информационные технологии. Сообщения школьников. 2012. С. 306–307.

11. Refaeilzadeh P., Tang L., Liu H. On comparison of feature selection algorithms. AAAI Workshop – Technical Report. 2007. no. 05. P. 34–39.

12. Antamoshkin A.N., Masich I.S. Combinatorial optimization and rule search in logical algorithm of machine learning. Engineering & automation problems. 2010. no. 5. P. 52–57.

13. Антамошкин А.Н., Кузьмич Р.И., Масич И.С. Модифицированный метод логического анализа данных. М: Роспатент, 2016. № гос. рег. 2016619162.

14. Vijayarani S., Divya M. An Efficient Algorithm for Generating Classification Rules. International Journal of Computer Science and Technology. 2011. no. 2 (4). P. 512–515.

15. Sun B., Chen S., Wang J., Chen H. A robust multi-class AdaBoost algorithm for mislabeled noisy data. Knowledge-Based Systems. 2016. no. 102. P. 87–102.

УДК 674.048:691.115

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ И ДЕФОРМАТИВНОСТИ АТМОСФЕРОСТОЙКОГО АРБОЛИТА ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ПО ЭНЕРГОРЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ

Матыева А.К.

Кыргызский государственный университет строительства, транспорта и архитектуры им. Н. Исанова, Бишкек, e-mail: matyeva59@mail.ru

Создание энергоресурсосберегающих материалов предусматривает использование местного сырья для получения изделий с улучшенными гидрофизическими и термодинамическими свойствами. Одним из таких материалов является арболит. В работе в качестве растительно-гипсовой композиции (РГК) использовались солома злаковых, произрастающих в Кыргызской Республике (КР), гипс строительный марки Г-5 и Г-7 на основе сырья Бактерекского месторождения, который относится к сырью I-го сорта, зола Бишкекской ТЭЦ (БТЭЦ), портландцементный клинкер ПЦК, природный, натуральный глиногипс (ганч). В качестве глинистой составляющей использовались суглинки Толойконского месторождения. Общие требования к строительным материалам таковы, что они должны быть гигиеничными и удовлетворять законам прочности, створа и конструкции. И это не полный перечень требований к строительным материалам, применяемым в современном строительстве, и улучшению состояния окружающей среды. Малоэтажное домостроение дает возможность более чем вдвое, по сравнению с кирпичным и крупнопанельным домостроением, снизить единовременные затраты на создание материально-технической базы строительства. По сравнению со стоимостью возведения домов из кирпича стоимость возведения домов из арболита уменьшается на 20–25%, а по сравнению с возведением домов из панелей – на 10–12%. Суммарная трудоемкость возведения домов из арболита снижается вдвое по сравнению с аналогичной трудоемкостью возведения домов из кирпича.

Ключевые слова: атмосферостойкий арболит, конструкционно-теплоизоляционный, гипсозольнощелочное вяжущее, полимерпластифицирующие добавки, структурообразование, пластификаторы, истинная плотность, прочность, водотвердые отношения, призменная прочность

RESEARCH OF STRENGTH AND DEFORMABILITY OF THE WEATHERPROOF ARBOLITE FROM LOCAL RAW MATERIALS ON ENERGY-SAVING TECHNOLOGY FOR WALL BLOCKS

Matyeva A.K.

Kyrgyz State University of Construction, Transportation and Architecture, Bishkek, e-mail:matyeva59@mail.ru

For creation the energy-and resource-saving materials were used a local raw materials to produce products with improved hydrophysical and thermodynamic properties. One of such materials is arbolit. To work as a plant-gypsum composition (PGC) has been used straw of cereals grown in the Kyrgyz Republic (KR), gypsum building brand G-5 and G-7 on the basis of raw materials Bacterec field, which refers to the raw materials of the I-th class, ash from Bishkek power electrical plant (TEP), Portland cement clinker PCC, a natural clay content gypssum (Ganch). As the clay component used loam Toloikon field. For improving the technical level of low-rise housing construction were have been found new stage qualitatively objects. It could be able to rapid progress for improving the new housing. The materials that used in low-rise housing construction have to be required the environmental, cost-effective, maintains requirements and made by low-energy technology with consist the local raw materials. General requirements for construction building materials are such that they must be hygienic and respond of strength and alignment. There is not a complete list of requirements for building materials used in modern construction and improvement of the environment. Low-rise housing construction allows reducing one-time costs for the creation of material and technical base of construction in comparison with brick and large-panel housing construction more than two times. In comparison with the cost of construction of houses of brick the cost of construction of houses from arbolita is reduced by 20-25%, as compared with the construction of houses from panels 10-12%. The total volume of construction of houses from arbolit reduced the similar complexity of construction of houses in comparison from bricks-made in half.

Keywords: waterproof arbolit, structure-thermo insulating, gypsum- ash binding agent, plasticizing additives, setting time, hardening, structure density, strength, water relations, prism strength

В основных направлениях экономического и социального развития Кыргызской Республики (КР) поставлена задача по созданию энергоресурсосберегающих материалов для строительства из местного сырья с улучшенными техническими свойствами. Это обеспечит повышение уровня индустриализации, сокращение сроков строительства и его стоимости за счет импортозамещения аналогичных строительных материалов. А также предусмотрено развитие производства сейсмостойких строительных изделий и конструкций с пониженной металлоемкостью, стоимостью и трудозатратами, обеспечивающих уменьшение материалоемкости,

массы зданий и сооружений, улучшение их теплозащиты [1–3].

Для производства арболита, фибролита, стружко-, скопо- и опилкобетона и др. материалов из растительно-вяжущей композиции, используются целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения, к которым относятся отходы деревообрабатывающей (станочная стружка, щепа, низкосортная и некондиционная древесина, тонкомер, неделовой горбыль срезки, торцы, лесорамные опилки, одубина), сельскохозяйственной (солома, костра льна, кенафа, джута, стебли хлопчатника, камыша) и целлюлозно-бумажной (скоп и др.) промышленностей. Обладая общей специфичностью свойств, эти заполнители оказывают существенное влияние на технологические и эксплуатационные свойства, а также на процессы структурообразования растительно-вяжущих композитов (РВК) [4, 5].

В условиях центрально-азиатского региона, в частности в Кыргызской Республике, где дефицитом является деловая древесина и ее отходы, но достаточно растительных отходов сельского хозяйства, которые почти не утилизируются, целесообразно их применение в качестве заполнителя вместо древесины в производстве арболита (солома, стебли хлопчатника, табака и др.) [6].

Прочность арболита обусловливается следующими основными качественными показателями свойств заполнителя: химическим к гранулометрическим составом, а также коэффициентом формы зерен, деформативностью. Требуемые активность и расход вяжущего, а также плотность получаемого арболита при его оптимальной структуре и при оптимальном составе смеси обеспечивают необходимую прочность структурных связей между затвердевшим вяжущим и органическим заполнителем. Далее прочность арболита зависит от правильно выбранного режима твердения [7, 8].

Применение химических добавок (жидкое натриевое стекло и хлористый кальций) позволило нейтрализовать действие экстрактивных веществ заполнителя на цемент путем образования дополнительных химических связей в зоне контакта и уменьшить их отравляющее действие на цемент по мере удаления от этой зоны. Таким образом, термическая обработка заполнителей является эффективным способом повышения прочности арболита и адгезионного сцепления с цементом. Класс арболита по прочности на сжатие повышен до В1,5, то есть получен арболит теплоизоляционно-конструкционного назначения, что расширяет область его применения в качестве стеновых ограждений малоэтажного строительства. Данное направление, по-видимому, исчерпывает свои возможности. Об этом свидетельствуют поиски новых вяжущих, не подверженных влиянию экстрактов, стремление образовать гибкие адгезионные связи, воспринимающие влажностные деформации древесины. Потребность усиления физического сцепления волокнистой поверхности увеличивает расходы материала.

Одним из путей направленного структурообразования арболита может служить использование внутренних резервов органического заполнителя как капиллярно-пористого химически активного материала. Структура капилляров и пор определяет перспективу целенаправленного переноса в системе «вяжущее – заполнитель», а химическая активность древесины способна создать необходимые условия для этой цели [8].

Структура арболита близка к структуре крупнопористых легких бетонов на пористых минеральных заполнителях. В отличие от последних, прочность арболита зависит от значительно большего количества факторов, а именно от химической активности заполнителя, его анизотропности, влажностных деформаций и коэффициентов линейного расширения, значительно отличающихся от соответствующих коэффициентов цементного камня [9].

В Кыргызском государственном университете строительства, транспорта и архитектуры выполнены исследования по использованию рисовой и другой соломы злаковых в качестве заполнителя в производстве арболита.

При этом в качестве местного минерального вяжущего стали применять строительный гипс, а для получения стабильных прочностных характеристик и обеспечения атмосферостойкости материала заполнитель обрабатывать полимерсиликатными модификаторами.

Повышение эксплуатационных и водостойких свойств гипсовых вяжущих достигается введением в них местного сырья Кыргызской Республики – извести, золы, глины и др.

С целью повышения водостойкости и снижения расхода гипса предлагается использование в составе гипсовых смесей до 2,5–7,5 % известь, 20–25 % золы-уноса, содержание Na_2SO_4 от 1–4 % и остальное гипс марки Г4.

А.С. Мавлянов, Б.Т. Ассакунова, А.А. Абдыкалыков, А.А. Абышов, при разработке гипсовых композиционных вяжущих, в качестве наполнителей были использованы базальтовые породы, гранит, волласстонит, глиеж.

В качестве вяжущего был использован гипс марки Г4 и Г5. Повышение водостойкости и прочностных характеристик гипсовых вяжущих осуществляется использованием наполнителей, модифицирующих, пластифицирующих, воздухововлекающих добавок. В качестве удлинения срока схватывания вяжущего введены лимонная кислота и костный клей.

Использование добавок изменяет условия структурообразования в гипсовом камне, что влияет на механические свойства материалов. Механизм действия добавок зависит от их свойств и часто носит комплексный характер. Так, замедлители уменьшают скорость образования зародышей кристаллов, скорость роста, габитус кристаллов.

Изучены физико-химические особенности процесса гидратации пластифицированных гипсовых вяжущих, полученных методом введения пластифицирующих добавок для снижения водопотребности и улучшения их прочностных характеристик [10–12].

Цель исследования: получение теплоизоляционно-конструкционного, атмосферостойкого арболита средней плотностью 600–650 кг/м^3 на основе измельченной пшеничной соломы, а также изучение его деформативных свойств для возможного применения в ограждающих конструкциях.

Материалы и методы исследования

В работе в качестве растительно-гипсовой композиции (РГК) использовались солома злаковых, произрастающих в КР, и гипс строительный.

По природному происхождению, морфологической структуре и химическому составу стебли соломы зерновых близки к древесине. Солома пшеницы (*Triticum aestivum*) для производства арболита имеет повышенную прочность по сравнению с другими злаковыми (ячмень, овес, рис и др.), так как она содержит в 2 раза меньше воска и кремнезема.

Технические свойства соломы пшеницы с размером частиц по длине 20–50 мм следующие: прочность при растяжении – 316,2 Н/мм^2; процент удлинения – 2,41%; средняя сухая насыпная плотность – 50–60 кг/м^3.

Качество заполнителя на основе соломы: не допускается присутствие гигроскопической влажности 80%, гнили, кусков грунта, плесени от уборки. По объемам производства в КР, физико-механическим свойствам соломы пшеницы является подходящим сырьем для производства строительного арболита.

В исследованиях в качестве минерального вяжущего был использован быстротвердеющий строительный гипс марки Г-5 и Г-7 на основе сырья Бактерекского месторождения, который относится к сырью I-го сорта, гипсового предприятия с. Кулан-Ак Нарынской области. Начало схватывания 6 минут, конец – 14 минут. Предел прочности на сжатие – 6,4 МПа, на изгиб – 3,9 МПа и зола БТЭЦ, а также портландцементный клинкер ПЦК, природный, натуральный глиногипс (ганч). В качестве глинистой составляющей использовались суглинки Толойконского месторождения.

В качестве модификаторов для образования пористой полимерсиликатной системы использовались: жидкое стекло (ГОСТ 13078) плотность 1,32 г/см^3, латекс СКС (ГОСТ 10564), смола малоконцентрированная СФЖ-3066 + катализатор ионного типа (ГОСТ 20908). Пластифицирующие добавки при изготовлении арболита приняты СКС, СДБ и ЛСТ. В качестве замедлителя схватывания гипса – нитроплоперименилфосфорная кислота (НПФК) и антипирены. Все компоненты исследовались в лаборатории на соответствие нормативным требованиям.

Свойства арболита физические и механические определялись на образцах-кубах размером 15х15х15 см и 10х10х10 см согласно ГОСТ 18105-85 и ГОСТ 1922, морозостойкость по ГОСТ 10060.0-95.

При проведении испытаний использовали пресс гидравлический малогабаритный ПГМ-1500МГ4, прибор ультразвуковой УК-15М (прочность бетона) по ГОСТ 17624, ПЛС-100, ДРОН-2, лазерный анализатор ЛГ-78, вискозиметр Суттарда ВС – для определения сроков схватывания гипсового теста по ГОСТ 23789, визуально-измерительный комплект ВИК-1 и др. Физико-химические анализы выполнены с использованием рентгенофазового, ИК-спектроскопического методов.

– испытание гипса и разработанных составов полимерсиликатногипсозольных вяжущих определялось согласно ГОСТ 23789. Тонкость помола – ГОСТ 310.2; сроки схватывания – ГОСТ 310.3; предел прочности при изгибе и сжатии – ГОСТ 310.4.

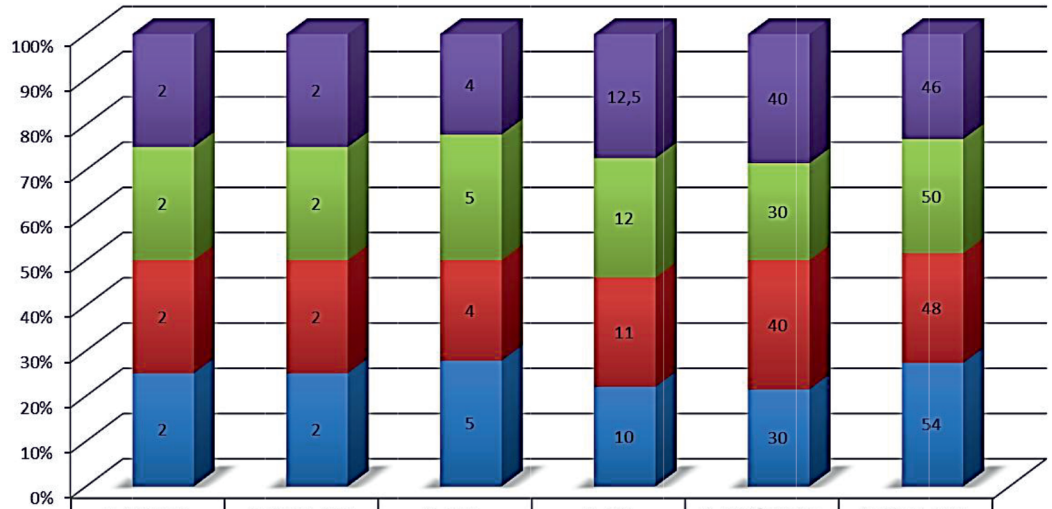
– испытание золы проводилось согласно действующей технической документации (ТУ 21-31-2-71, ГОСТ 9592).

– дисперсность золы характеризуется гранулометрическим составом (ситовым анализом) ГОСТ 310.2-76 и удельной поверхностью ГОСТ 310.2-76*.

Результаты исследования и их обсуждение

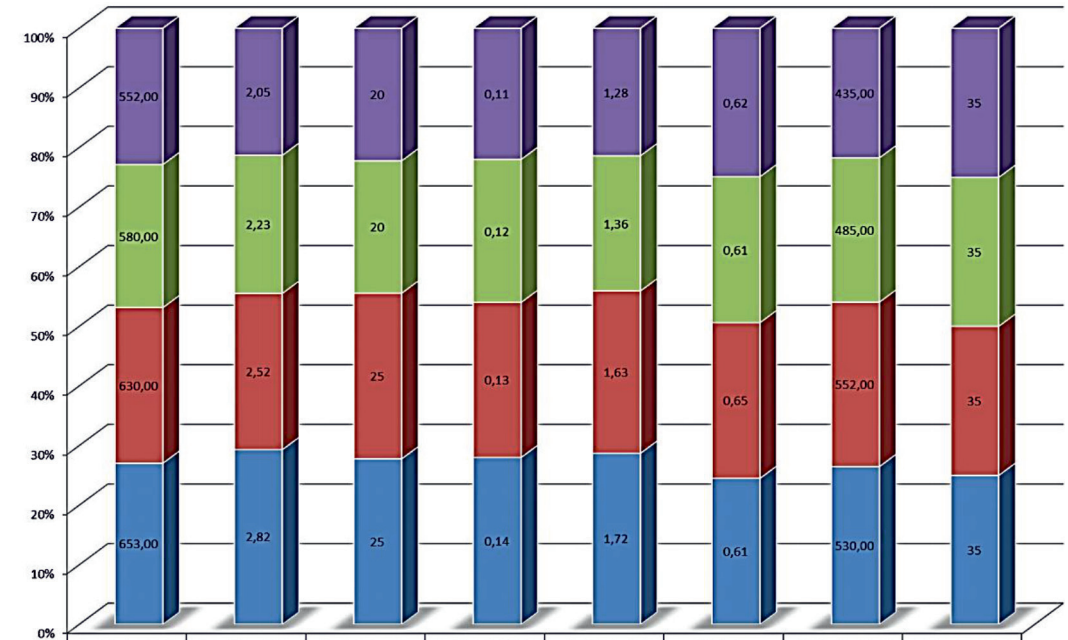
На основании экспериментально-теоретических исследований разработаны состав арболита и способы активации гипсозольного вяжущего для получения атмосферостойкого арболита. Целью настоящей работы получение теплоизоляционно-конструкционного арболита средней плотностью 600–650 кг/м^3 на основе измельченной пшеничной соломы, а также является изучением его деформативных свойств для возможного применения в ограждающих конструкциях [6, 7].

В работе использовались составы растительно-вяжущей композиции для водостойкого стенового арболита из местного сырья, состоящий: солома – (24–32%); гипс (Г-7) – (30–34 + нитроплоперименилфосфорная кислота (НТФ) – (+0,05%); зола (18–22%) + сульфатно-дрожжевая бражка (СДБ) (+0,15%); ПЦК-5%; глиногипс (гажа) – 2%; полимерсиликатные добавки (ПСД) (8–12%) на основе малоконцентрированного олигомера СФЖ-3066+0,2 бутадиенстирольный латекс (СКС) и лигносульфат технический (ЛСТМ) (0,15%), катализаторы – (ТПФН) – (0,8%), отвердитель – НТВ (0,5%) и остальное вода.



	1. Жидкое стекло	2. Глино гипс (гажа)	3. ПЦК	4. МС	5. Дробленное пшеничное солома, мм	6. Гипс + Зола
Ряд4	2	2	4	12,5	40	46
Ряд3	2	2	5	12	30	50
Ряд2	2	2	4	11	40	48
Ряд1	2	2	5	10	30	54

Рис. 1. Содержание компонентов в % сырьевой смеси, кг/м³



	1.Среднее значение плотности, кг/м3	2.Предел прочности, МПа	3.Марка по прочности	4.Коэффициент теплопроводности λ, Вт/м* К	5.Призменная прочность, Rпр	6.Кп = Rпр/R	7.Начальный модуль упругости, Мпа	8.Морозостойкость, в циклах F
Ряд4	552,00	2,05	20	0,11	1,28	0,62	435,00	35
Ряд3	580,00	2,23	20	0,12	1,36	0,61	485,00	35
Ряд2	630,00	2,52	25	0,13	1,63	0,65	552,00	35
Ряд1	653,00	2,82	25	0,14	1,72	0,61	530,00	35

Рис. 2. Свойства водостойкого арболита

Показатели деформативности были проведены на стандартных образцах размерами 15х15х60 см после 28-суточного их твердения в нормальных условиях с использованием методами, приведенной в ГОСТ 24452-80 «Методы определения призменной прочности, модуля упругости и коэффициента Пуассона». Согласно этому нормативному документу, к показателям деформативности относят: коэффициент призменной прочности – (Кп); модуль упругости – (Е, МПа).

Составы и свойства полученных арболитовых материалов с использованием дробленой пшеничной соломы различной фракции и класса (марки) по прочности приведены на рис. 1 и 2.

В результате исследования испытуемых арболитовых образцов материалов кубиками размеров 15х15х15 см, а также призмами размеров 15х15х60 см установлено, что значение отношения призменной прочности (Rп) к кубковой прочности (R) для арболитовых материалов с использованием измельченной пшеничной соломы составляют соответственно 0,61 и 0,65. При этом значение начального модуля упругости испытуемых арболитовых материалов с использованием измельченной пшеничной соломы более чем в два раза превышает ее нормативные значения.

Заключение

Введение в растительно-вяжущей композиции (РВК) на основе гипса и малоизвестных зол структурообразующих добавок и полимерсиликатных композиций с пластификаторами (ЛСТ, СКС, СДБ) способствует повышению прочностных свойств и получению на их основе гипсозолощелочных вяжущих с повышенными техническими характеристиками.

По результатам проведенных испытаний по определению физико-механических свойств арболитовых материалов с использованием измельченной пшеничной соломы установлена возможность изготовления атмосферостойких стеновых блоков, на основе разработанных новых технологий, которые удовлетворяют основным нормативным требованием МРТУ 21-5-64 [11].

Разработана новая технология по приготовлению арболитовых гипсозольнощелочных смесей с полимерсиликатными добавками, обеспечивающими заданные деформативные и реологические свойства вяжущего по ГОСТ 19222 «Арболит и изделия из него», и может быть рекомендована для производства стеновых и теплоизоляционных блоков в малоэтажном строительстве.

Список литературы

1. Курдюмова В.М., Ильченко Л.В., Чымыров А.У. Повышение долговечности соломолита в конструкциях малоэтажных мобильных зданий // Современное состояние и перспективы развития строительной науки: материалы Международной научно-практ. конф. Бишкек, 2000. Ч. 1. С. 10–13.

2. Матыева А.К. Строительно-технические свойства атмосферостойкого арболита // Приволжский научный вестник – ИЦНП. Приволжский, 2016. С. 40–42.

3. Столбушкин А.Ю., Бердов Г.И. Ресурсосберегающая комплексная переработка минерального техногенного сырья в производстве строительных материалов // Известия вузов. Строительство. Новосибирск: НГАСУ, 2011. № 1. С. 46–53.

4. Матыева А.К. Полимерсиликатно-гипсовое связующее (ПСГС) в составе органокомпозитов из растительного сырья // Применение пластмасс в строительстве и городском хозяйстве: Межд. науч. тех. инт. конф. Харьков, 2012. С. 40–45.

5. Удербаев С., Аримбаев С., Курманаева Ж.М. Исследование адгезии рисовой лузги с золоцементными вяжущими смесями // Научный журнал Молодой ученый. 2014. № 12 (71). С. 113–115.

6. Матыева А.К. Курдюмова В.М., Ильченко Л.В., Азыгалиев У.Ш., Суворова Е.С., Рекомендации по проектированию и расчету ограждающих комбинированных конструкций зданий из местного материала: учебное пособие. Бишкек: КГУСТА, Госархстройнадзор, 2012. 49 с.

7. Абышов А.А., Абдысадырова А.А., Пайдиева О.С. Исследование влияния метода прессования на физико-механические свойства смешанных гипсоизвестковых вяжущих // Материаловедение. 2014. № 2. 5 с.

8. Шешуков А.П., Лычагин Д.В., Макаров Е.Я. Исследование процессов формирования структуры арболита при химической активации древесины // Вестник ТГАСУ. 2014. № 3. С. 145–152.

9. Акулова М.В., Исакулов Б.Р., Тукашев Ж.Б., Джумабаев М.Д., Сартова А.М. Производство строительных материалов на основе отходов и местных сырьевых ресурсов Западного Казахстана // Новейшие достижения науки – 2013: материалы Международной научно-практической конференции. София, 2013. С. 77–82.

10. Абыкаева А.К., Омурбеков И.К., Абышов А.А. Мелкоштучные изделия из глиногипсовых материалов с органическим наполнителем // Научный и информационный журнал. Материаловедение. Вып. 1. Бишкек, 2013. С. 96–99.

11. Matyeva A.K. The research of the wether resistant gypsum- ash- alkaline arbolit structure by scanning electron microscopy. Proceeding of the In International Scientific and Practical Conference «The goals of the WorldScience № 3 (7), Vol. 1, March 2016 (February 25–26, 2016, Dubai, UAE)». P. 98–102.

12. Мавлянов А.С., Абдыкалыков А.А. Комплексное использование минерального сырья. Бишкек: Илим, 2016. 326 с.

УДК 62-19

МОДЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХАРАКТЕРИСТИК УЩЕРБА СЛОЖНЫХ ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ МЕТАЛЛУРГИЧЕСКОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Москвина Е.А., Извеков Ю.А., Гугина Е.М., Шеметова В.В.

ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова», Магнитогорск, e-mail: yurij.izvekov@mail.ru

Рассмотрен модельный анализ характеристик ущерба сложных технических систем металлургического предприятия. В качестве таких систем исследуются несущие конструкции грузоподъемных мостовых кранов различного назначения. В процессе эксплуататации эти конструкции работают в тяжелых и сверхтяжелых режимах, что приводит к их быстрому изнашиванию. Требуются доработки и ремонты конструкции либо на месте, либо с остановкой производственного цикла. Выделены три типа аварий, которые могут возникать при эксплуатации таких систем. Это аварии, которые не требуют серьезных ремонтов и остановок, требующие и катастрофические аварии. Рассчитаны характеристики ущерба – математическое ожидание суммарного ущерба и нижняя граница его среднего квадратического отклонения. В качестве исходных данных приняты обобщенные данные по авариям на грузоподъемном оборудовании металлургической отрасли, а ущерб посчитан в условных относительных единицах. Получены численные значения ущерба, количества аварий от различных типов аварий. Предложенный подход позволит получить оптимальные значения вероятности аварий и ущербов от них. Представленный модельный анализ поможет задать оптимальные требования к характеристикам рисков и безопасности рассматриваемых и подобных сложных технических систем.

Ключевые слова: ущерб, авария, сложная техническая система, вероятность аварии, оптимальные значения

MODEL ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF DAMAGE OF COMPLEX TECHNICAL SYSTEMS OF THE METALLURGICAL ENTERPRISE METALLURGICAL ENTERPRISE

Moskvina E.A., Izvekov Yu.A., Gugina E.M., Shemetova V.V.

Magnitogorsk State Technical University of G.I. Nosov, Magnitogorsk, e-mail: yurij.izvekov@mail.ru

The model analysis of characteristics of damage of complex technical systems of the metallurgical enterprise is considered. As such systems bearing structures of load-lifting bridge cranes of different function are investigated. In the course of an ekspluatatation these designs work in the heavy and superheavy modes that leads to their fast wear. Completions and repairs of a design either on the place, or with a stop of a production cycle are required. Three types of accidents which can arise at operation of such systems are allocated. These are accidents which do not demand serious repairs and stops, the demanding and katatrofichesky accidents. Characteristics of damage – population mean of total damage and the lower bound of its average quadratic deviation are calculated. As basic data oboshchenny data on accidents on the lifting equipment of the metallurgical industry are accepted, and the damage is counted in conventional relative units. Numerical values of damage, the number of accidents are received from various types of accidents. The offered approach will allow to receive optimum values of probability of accidents and damages from them. The submitted model analysis will help to set optimum requirements to characteristics of risks and safety of the considered and similar complex technical systems.

Keywords: damage, accident, complex technical system, accident risk, optimum values

В сложных технических системах в процессе эксплуатации возникают различные неисправности, в том числе связанные с выработкой ресурса и превышением допускаемых нагрузок. На металлургическом предприятии большое количество устройств и механизмов, которые включают в себя множество элементов. Такие системы будем называть сложными техническими системами. К ним относятся металлургические мостовые краны, несущие металлоконструкции которых испытывают тяжелые и весьма тяжелые режимы работы, быстро изнашиваются и переходят в аварийное состояние [1, 2].

Такая эксплуатация приводит к авариям и катастрофам. На сегодняшний день известны и совершенствуются методики расчета ущерба от эксплуатации различных технических систем [3, 4]. Актуальной является задача расчета ущерба от эксплуатации определенной группы технических систем на временном интервале, а также задания таких характеристик к ним, при которых средний ущерб от аварий стремился бы к минимуму.

Цель исследования: определить методику расчета возможного ущерба с целью ее использования для управления риском и безопасностью изучаемых технических систем.

Целью данной статьи является количественный модельный анализ характеристик ущерба совокупности несущих конструкций металлургических мостовых кранов, используя известные методики [3, 4].

Материалы и методы исследования

На металлургическом предприятии эксплуатируются около 1200 кранов различного назначения (по данным ПАО «Магнитогорский металлургичекий комбинат»). Характеристики их безаварийной эксплуатации и надежности изменяются как случайным так и закономерным образом.

Более половины кранов составляют металлургические мостовые краны, примем их количество 750. Предполагаем, что 750 кранов эксплуатировалась без превышения допустимых нагрузок в течение пятнадцати лет – гарантийный срок эксплуатации [3, 4].

К сожалению, на практике это почти невозможно, потму что, как правило, рассматриваемые краны работают в тяжелых и сверхтяжелых режимах. Конечно, при этом присутствуют аварии того или иного типа.

Тогда случайное событие возникновения аварии j-го типа A_j представляется дискретной величиной, принимающей значения 0 или 1 и характеризуемой вероятностью аварии $P(A_j) = P_j$ [3, 4]. Ущерб U от нее представляется случайной непрерывной величиной $G_j(G_j = U_j)$, полагая, что любой ущерб можно выразить в одинаковых единицах (условных относительных единицах).

Случайная величина безусловного ущерба C_j от аварии j-го типа, учитывающая факт отсутствия или возникновения аварии или величину ущерба, представляется в следующем виде:

$$C_j = A_j R_j, \quad (1)$$

R_j – характеристика риска.

Если произошла остановка работы конструкции крана, то ущерб может быть различным, но его величина характерна для данного типа аварии и не связана с вероятностью аварии. Риск будем рассматривать как математическое ожидание безусловного ущерба от аварии j-го типа.

Учитывая независимость случайных величин A и R, запишем выражение для дисперсии случайной величины C [3, 4]:

$$\sigma^2\left[C_j\right] = P_j^2\sigma^2\left[R_j\right] + \\ + M^2\left[R_j\right]\sigma^2\left[A_j\right] + \sigma^2\left[A_j\right]\sigma^2\left[R_j\right]. \quad (2)$$

Величины С случайны, зависимы и имеют положительную корреляцию. Возникновение аварии одного типа может перерастать в возникновение более тяжелой аварии.

$$M(C) = \sum_{j=1}^{k} M\left[C_j\right] = \sum_{j=1}^{k} P_j M\left[R_j\right] = \sum_{j=1}^{k} P_j M\left[U_j\right]. \quad (3)$$

Если ковариационная матрица бывает известна, то среднее квадратическое отклонение суммарного ущерба определяется зависимостью

$$\sigma[C] = \sqrt{\sum_{i=1}^{k}\sigma^2\left[C_j\right] + 2\sum_{j\le i} K_{ji}}. \quad (4)$$

Если же ковариационная матрица неизвестна, то, учитывая их положительное значение, можно найти границу величины дисперсии $\sigma^2[C]$:

$$\sigma^2[C] \ge \sum_{i=1}^{k}\sigma^2\left[C_j\right]. \quad (5)$$

Когда введены исходные данные, то есть определена группа сложных технических систем, работающих в одно и то же время, в одинаковых условиях, можно предположить, что их эксплуатация и режимы работы могут привести к трем типам аварий.

Будем различать следующие типы аварий:

– первый – аварии, не приводящие к остановке крана, или аварии, которые могут быть устранены без существенных изменений производственного цикла;

– второй – аварии, приводящие к остановке крана, производственного цикла и его ремонту;

– третий – катастрофические аварии, повлекшие за собой разрушение конструкции и гибель людей, остановку производственного процесса.

Очевидно, такая классификация достаточно условна, так как каждый тип аварии может появиться в любое время эксплуатации. Однако предполагаем, что первый тип аварии будет присущ первым годам эксплуатации крана, а второй и третий – годам выработки ресурса.

Будем также предполагать, что известны вероятности таких типов аварий, средние квадратические отклонения $\sigma[A_j]$, математические ожидания $M[R_j]$ и средние квадратические отклонения $\sigma[R_j]$ случайного ущерба за год. Необходимо найти математическое ожидание суммарного ущерба за следующий год эксплуатации совокупности металлургических мостовых кранов и нижнюю границу дисперсии случайного суммарного ущерба.

Результаты исследования и их обсуждение

Приведем модельный пример расчета суммарного ущерба. Используя обработанные и известные данные по статистическим данным аварийности металлургических производств [4–6], представим в условных единицах исходные данные в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные по относительным единицам ущербов

j	1	2	3
p	0,1	0,01	0,0001
σ[Aj]	0,01	0,001	0,00001
M[Rj], усл.ед.	10	100	1000
σ[Rj], усл. ед.	1	10	100

$M[C_1] = 0{,}1*10 = 1$ усл. единица;

$M[C_2] = 0{,}01*100 = 1$ усл. единица;

$M[C_3] = 0{,}0001*1000 = 0{,}1$ усл. единица.

$$M[C] = \sum_{j=1}^{3} M\left[C_j\right] = 2{,}1 \text{ усл. единица.}$$

По (2) получим

$$\sigma[C_1] = \sqrt{(0,1*1)^2 + (10*0,01)^2 + (0,01*1)^2} \approx 0,142 \text{ усл. единиц;}$$

$$\sigma[C_2] = \sqrt{(0,01*10)^2 + (100*0,001)^2 + (0,001*10)^2} \approx 0,142 \text{ усл. единиц;}$$

$$\sigma[C_3] = \sqrt{(0,0001*100)^2 + (1000*0,00001)^2 + (0,00001*100)^2} \approx 0,014 \text{ усл. единиц.}$$

На основании (5) получена нижняя граница среднего квадратичного отклонения суммарного ущерба

$$\sigma[C] \geq 0,201 \text{ усл. единиц.}$$

Интерпретировать полученные расчетные данные можно следующим образом. При анализе 750 рассматриваемых несущих конструкций металлургических мостовых кранов с подобными полученными характеристиками, становится очевидно что за пятнадцать лет их эксплуатации в таких же режимах без изменения показателей суммарный средний ущерб от возможных аварий составит 750 *15*2,1 = 23625 усл. единиц.

Таким образом, для группы металлургических мостовых кранов могут быть рассчитаны математические ожидания ущерба для всех рассматриваемых типов аварий.

Так, рассчитанный суммарный средний ущерб аварий первого типа M[Rj] = 10 будет соответствовать 2363 авариям, суммарный средний ущерб аварий второго типа M[Rj] = 100 будет соответствовать 236 авариям, суммарный средний ущерб аварий третьего типа M[Rj] = 1000 будет соответствовать 24 авариям за пятнадцать лет эксплуатации (рис. 1).

Полученные расчетные данные удовлетворительно согласуются с реальными [6].

Одной из прямых характеристик ущерба является коэффициент смертельного травматизма на 1000 единиц техники. В табл. 2 и на рис. 2 приведены данные Ростехнадзора [6] за 2016 г.

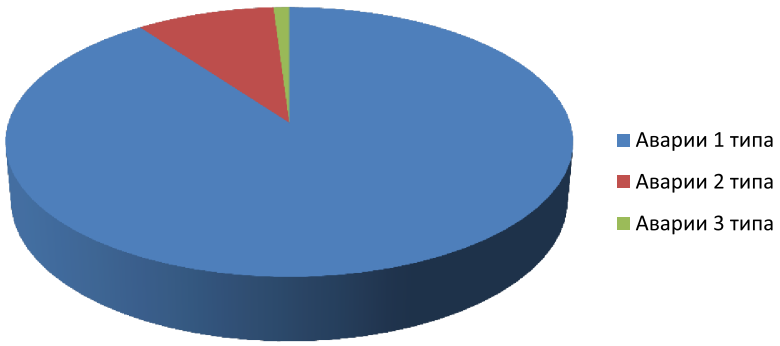


Рис. 1. Количество аварий конструкций кранов

Таблица 2

Коэффициенты опасности за 2016 г.

Вид техники	Количество зарегистрированной техники	Количество погибших	Коэффициент смертельного травматизма
Башенные краны	17 403	10	0,57
Автомобильные краны	61 875	6	0,10
Мостовые краны	71 648	7	0,10
Козловые краны	13 254	3	0,23
Гусеничные краны	9 294	0	0
Краны-манипуляторы	12 413	1	0,08
Портальные краны	3 023	0	0

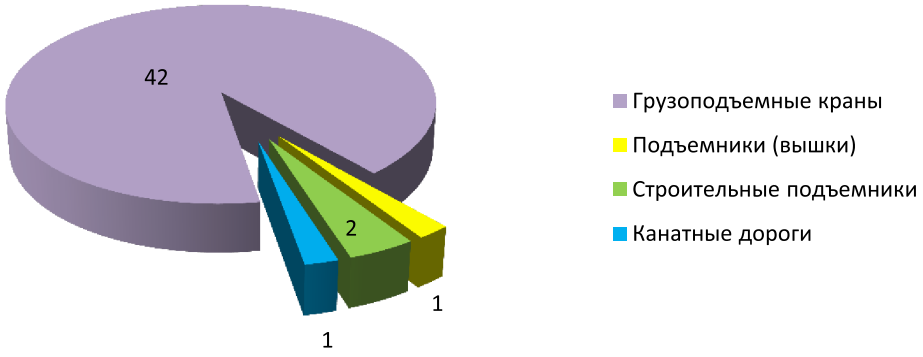


Рис. 2. Распределение аварий по видам техники (2016 г.)

Большее количество аварий и травматизма связано с эксплуатацией различных кранов, в том числе мостовых. Это обстоятельство лишний раз подчеркивает актуальность и правильность такого подхода, даже модельного.

Модельный расчет показывает, как важно рассчитать и учитывать риск аварий и ущерб от него таких потенциально опасных объектов, как несущие конструкции металлургических мостовых кранов. Такой подход позволяет связывать дальнейшую эксплуатацию рассматриваемых конструкций с оценкой их фактического состояния, с одной стороны, и уровнем безопасности, с другой, что важно при принятии различных управленческих решений.

Можно уменьшить вероятности аварий, если затратить на это дополнительные ресурсы или увеличить вероятность, сэкономив на стоимости производства и эксплуатации. Аналогично, затратив дополнительные ресурсы, можно уменьшить ущерб или, упростив конструкцию, можно увеличить средний ущерб от возможных аварий [3, 4].

Такая задача решается методом линейного программирования [7]. В самом простом случае его суть можно описать следующим: если уменьшение ущерба и вероятности аварии обойдется дешево, то можно максимально уменьшить эти характеристики и, наоборот, оптимальные значения требуют их увеличения.

Выводы

На предприятия металлургии в течение длительного времени поставляются грузоподъемные мостовые краны различного назначения. Они эксплуатируются в тяжелых и сверхтяжелых режимах работы. Это приводит к остановкам кранов, их незапланированным ремонтам, а в некоторых случаях, к серьезным авариям и гибели людей.

Оценка характеристик ущерба несущих конструкций металлургических мостовых кранов и других сложных технических систем представляет собой актуальную задачу.

Модельный расчет был основан на известных методиках, применяемых для расчета ущерба различных технических систем, обработанных данных Ростехнадзора и известных данных.

Величина ущерба от таких аварий случайна, но зависит не от факта, а от типа аварий. Возникновение аварии одного типа може породить более сложную и тяжелую.

Математическое ожидание суммарного ущерба и нижняя граница его среднего квадратического отклонения позволяют рассчитать суммарный ущерб от аварий различных типов. Такая методика позволяет в дальнейшем выявить оптимальное значение вероятности для каждого типа аварии и математическое ожидание ущерба от нее.

Приведенные расчеты позволяют задавать оптимальные требования к характеристикам рисков и безопасности как рассматриваемых технических систем, так и других типов сложных технических систем металлургического предприятия.

Приведенный модельный анализ доказывает правильность предпринятых ранее попыток расчета ущерба сложных технических систем и дополняет их. Кроме этого, расчетные материалы развивают теорию конструкционного риск-анализа и позволят в дальнейшем принимать верные инженерные управленческие решения.

Список литературы

1. Шашко Б.А. О мостовых кранах для предприятий цветной металлургии // Промышленный транспорт. М., 1987. № 10. 64 с.

2. Извеков Ю.А. Моделирование прогнозирования риска несущих конструкций кранов металлургического производства // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования. 2012. Т. 1. № 70. С. 6–8.

3. Волков Л.И. Методика расчета и оптимизации ущерба от аварий технических систем // Двойные технологии. 2001. № 1. С. 1–6.

4. Безопасность России. Правовые, социально-экономические и научно-технические аспекты // Управление ресурсом эксплуатации высокорисковых объектов. М.: МГФ «Знание», 2015. 600 с.

5. Извеков Ю.А. Совершенствование методологии повышения качества кранового оборудования металлургических предприятий на основе теории риск-анализа // Живучесть и конструкционное материаловедение (ЖивКом 2018): научные труды 4-й Международной научно-технической конференции, посвященной 80-летию ИМАШ РАН. 2018. С. 124–125.

6. Хроника аварий // Ростехнадзор [Электронный ресурс]. URL: https://www.gosnadzor.ru (дата обращения: 26.03.2019).

7. Кремер Н.Ш., Путко Б.А., Тришин И.М., Фридман М.Н. Исследование операций в экономике: 3-е изд., пер. и доп.: учеб. пособие для вузов / Под ред. проф. Н.Ш. Кремера. М.: Юрайт, 2014. 438 с.

УДК 712.23

РОЛЬ ИСКУССТВЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ В СИСТЕМЕ УСТОЙЧИВОГО РАЗВИТИЯ ОСОБО ОХРАНЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ. ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

[1]Петрова В.В., [1]Вишневская Е.В., [2]Степанова Ж.Ю.

[1]ФГБОУ ВО «Тольяттинский государственный университет», Тольятти, e-mail: ciliegia311@rambler.ru, petrovawer@rambler.ru;

[2]ООО «Роща», Тольятти, e-mail: ajuga@mail.ru

В статье рассматривается проблема организации управления развитием особо охраняемых территорий. Актуальность исследования обусловлена наличием противоречия в необходимости сохранения экоситемы национальных парков и необходимостью в создании условий жизнедеятельности населения, проживающего на особо охраняемых территориях. Приводится пояснение экоситемы с точки зрения ее способности к самовосполнению, но при соблюдении особых условий ее сохранения. В статье представлены результаты исследования построения взаимосвязи «экосистема» – «природный ландшафт» – «культурный ландшафт»-«агроэкосистема» – «агроландшафт» – «искусственный ландшафт». Раскрывается понятие «Устойчивое развитие» как проявление современности производства – от туризма до сельского хозяйства и его принадлежность к особо охраняемым территориям. Обосновывается актуальность использования искусственного ландшафта в целях устойчивого развития особо охраняемых территорий». Определяется значение и степень влияния искусственного ландшафта на устойчивое развитие особо охраняемых территорий в трех основных направлениях: экономическом, социальном и экологическом. Выявлен необходимый механизм успешного сотрудничества представителей всей цепочки субъектов особо охраняемых территорий, таких как природоохранные организации, различные человеческие сообщества, заинтересованные в устойчивом развитии территории, природные ландшафты, искусственные ландшафты, для создания благоприятных условий системе устойчивого развития особо охраняемых территорий.

Ключевые слова: особо охраняемая территория, искусственный ландшафт, национальный парк, экосистема

THE ROLE OF ARTIFICIAL LANDSCAPES IN THE SYSTEM OF SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF SPECIALLY PROTECTED TERRITORIES. PROBLEM STATEMENT

[1]Petrova V.V., [1]Vishnevskaya E.V., [2]Stepanova Zh.Yu.

[1]Federal State Budgetary Edicational Institution of Higher Edication «Togliatti State University», Togliatti, e-mail: ciliegia311@rambler.ru, petrovawer@rambler.ru;

[2]OOO «Grove», Togliatti, e-mail: ajuga@mail.ru

The article deals with the problem of management of the development of specially protected areas. The relevance of the study is due to the contradiction in the need to preserve the ecosystem of national parks and the need to create conditions for the life of the population living in specially protected areas. An explanation of the ecosystem in terms of its ability to self-fulfillment, but subject to the special conditions of its preservation. The article presents the results of the study of the relationship «ecosystem» – «natural landscape» – «cultural landscape»-«agroecosystem» – «agrolandscape» – «artificial landscape». The article reveals the concept of «Sustainable development» as a manifestation of modern production – from tourism to agriculture and its belonging to special territories. The relevance of the use of artificial landscape for sustainable development of specially protected areas is substantiated». The importance and degree of influence of the artificial landscape on the sustainable development of specially protected areas in three main areas: economic, social and environmental. The necessary mechanism of successful cooperation of representatives of the whole chain of subjects of specially protected areas, such as environmental organizations, various human communities interested in the sustainable development of the territory, natural landscapes, artificial landscapes, to create favorable conditions for the system of sustainable development of specially protected areas.

Keywords: specially protected area, artificial landscape, national park, ecosystem

Проблема создания условий для устойчивого развития территорий, имеющих статус «особо охраняемые», признана актуальной и требующей решения в России, Европе и в целом во всем мире.

«Биосферный резерват», с точки зрения нормативных документов ЮНЕСКО, является системной единицей устойчивого развития. В соответствии с положением о ВСБЗ 1995 г., биосферные заповедники должны стремиться к тому, чтобы стать центрами устойчивого развития в региональном масштабе [1].

Национальный парк также стремится стать зоной устойчивого развития. Он включает в себя не только территории с особым природоохранным режимом (ООПТ), но и хозяйственные земли, принадлежащие частным собственникам, на которых осуществляется деятельность, связанная с созданием искусственного ландшафта (сельскохозяйственная, строительная, дорожная

и пр.) Например, из общей площади национального парка Самарская Лука 134000 га, площадь искусственных ландшафтов хозяйственной зоны (земельных участков, включенных в границы ООПТ без изъятия из хозяйственного использования) составляет чуть меньше половины от всей площади национального парка – 65000 га (рис. 1).

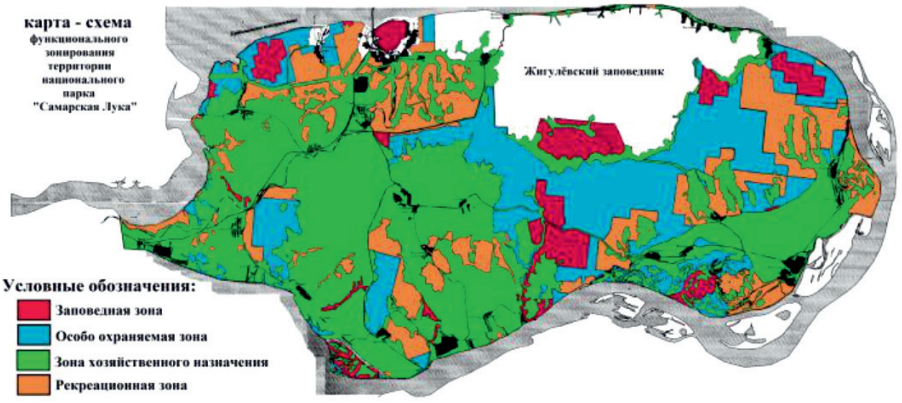


Рис. 1. Карта – схема функционального зонирования национального парка Самарская Лука [2]

Сама же деятельность национального парка в то же время оказывает влияние на экономическое и социальное состояние людей, проживающих в его границах и окрестностях, и в этом есть главное противоречие, характеризующее создавшуюся проблему.

Таким образом, словосочетание «устойчивое развитие» выступает как указатель современности той или иной области производства – от туризма до сельского хозяйства и промышленности.

Цель исследования: обосновать роль искусственных ландшафтов, значение «образов» искусственного ландшафта в системе устойчивого развития и управления особо охраняемых территорий.

Материалы и методы исследования

В ходе проведения исследования применялся метод эмпирического анализа материалов: опыт исследования деятельности биосферных заповедников, национальных парков, документов, регламентирующих статус и возможности их использования. На основе анализа теоретических источников, метода наблюдения состояния взаимодействия природоохранных территорий и границ разрешенных действий для жителей по обустройству и дальнейшего развития данных территорий были получены и обработаны промежуточные и конечные результаты исследования.

Устойчивое развитие подразумевает движение в трех основных направлениях: экономическом, социальном и экологическом. Устойчивое развитие территорий – будь то поселения или межселенные территории – подразумевает, прежде всего, обеспечение безопасных, благоприятных условий для жизнедеятельности человека, ограничение негативного воздействия на окружающую среду, охрану и рациональное использование природных ресурсов в интересах настоящего и будущего поколений [3].

Территории несут одновременно информацию о своей природной основе и культуре людей, преобразующих эту природную основу. Именно люди, представители различных сообществ, населяющие данные территории и создающие образы при помощи географических символов на поверхности Земли, являются целью и основными выгодополучателями в системе устойчивого развития.

Результаты исследования и их обсуждения

Природоохраняемые зоны обладают богатыми по разнообразию естественными ландшафтами. Так на примере Национального парка Самарская Лука необходимо отметить такие уникальные природные образования как: Жигулевские горы, Волжские поймы, нагорная часть, волнито-овражистый природный рельеф, равнина, карстовые воронки, утесы, курганы и т.д. (рис. 2).



Рис. 2.Фотография фрагмента пейзажа национального парка Самарская Лука

Считается, что природный, естественный ландшафт, в отличие от искусственного, формируется под влиянием факторов природы и человек не воздействует на него своей хозяйственной деятельностью. Однако это часто условное разграничение, так как природные ландшафты все равно управляются человеком методами охраны и восстановления.

Термин «искусственный» означает: не природный, сделанный наподобие подлинного; сделанный, созданный руками человека в отличие от естественного ландшафта. «Искусственный ландшафт» не имеет специального определения, кроме общепонятного: это рукотворный экстерьерный объект, в основе которого лежит преобразованная человеком естественная природная основа [4].

Понятие «искусственный ландшафт» включает в себя представления о рукотворных ландшафтах с точки зрения различных научных дисциплин. Например, гуманитарная география определяет рукотворные ландшафты как «культурные», экологическая география – как «антропогенные».

Следовательно, необходимо использовать термин «искусственные ландшафты», и как обобщающее понятие, включающее в себя культурный и естественнонаучный аспект.

Представление о «культурном ландшафте» формировалось на основе исследований выдающихся философских и научных умов современности, под влиянием идей, господствовавших на тот момент в обществе.

На основе трактовок немецкой и французской национальных научных школ можно вывести следующие тезисы о месте и роли культурного ландшафта в жизни человеческого сообщества: «культурный ландшафт» представляет собой наложение гуманитарной составляющей на естественнонаучную подложку; местное сообщество преобразует ландшафт своей культурной деятельностью, выражая её при помощи географических символов – ландшафтного дизайна; ландшафт является отображением образа жизни людей, их поведенческих, пищевых, привычек, языка и культуры в целом. В свою очередь эти культурные преобразования находят свое обратное отражение в культуре, воздействуя на все ее аспекты: экономический, социальный, религиозный, научный и т.д.; ландшафт – это площадка, предоставленная природой, содержащая определенные возможности и ресурсы; уровень обустройства среды соответствует уровню сообщества, которое выбирает и использует элементы ландшафта для этого обустройства; сообщество развивает ландшафты в направлениях, которые соответствуют уровню его культурного развития; человек, общается с природой посредством изменений, и культурный ландшафт является выражением этого общения; искусственные ландшафты вобрали в себя опыт многих поколений по изменению ландшафтов и рациональному использованию природных ресурсов в процессе сотрудничества с природой.

Ландшафты, наследуя культурные традиции и специфические особенности формирующих их сообществ, утверждают их национальную самобытность [5, 6].

Эстетика – важнейшая составляющая ландшафта, по мнению Зауера [7], есть проявление чувственных восприятий человека, его творческого сознания, работающая на тонком эмоциональном плане, удовлетворяющая потребности человека в ощущении прекрасного.

В концепции академика В.И. Вернадского «энергия человеческой культуры» выступает в роли преобразователя, импульса новой биогеохимической энергии, а искусственные ландшафты можно рассматривать как ареалы устойчивого развития, сформированные этой энергией [8].

Таким образом, понятие «культурный ландшафт» включается в систему устойчивого развития, прежде всего особо охраняемых территорий, как вектор развития жизнедеятельности населения проживающего на данной территории.

Проводя параллели между понятиями «культурный» и «искусственный» ландшафт, считая, что понятие первого является частью или синонимом второго, можем сделать следующие выводы о взаимодействии искусственного ландшафта и сообщества:

– искусственный ландшафт является результатом воздействий на него культуры сообщества, его базовых потребностей;

– искусственный ландшафт сам оказывает формирующее воздействие на комплексное мировоззрение сообществ: культурное, научное, местное.

Проведенный сравнительный анализ позволил определить «точки» соприкосновения искусственного ландшафта и социума с гуманитарной точки зрения: географические символы искусственного ландшафта, а именно ландшафтный дизайн – это отображение культурных представлений сообщества, выраженные в форме; в искусственном ландшафте отражается образ жизни людей, их культура, язык, пищевые и поведенческие привычки, которые управляют им; искусственный ландшафт – как ресурс для жизнедеятельности людей, которая зависит от природных

ресурсов искусственного ландшафта, с его использованием и преобразованием; искусственный ландшафт объединяет людей, позволяет ощутить свою аутентичность; искусственный ландшафт как носитель сакрального, не проявленного мировоззрения, мира ощущений; искусственный ландшафт как проявление эстетических представлений и чувств; искусственный ландшафт как ареал устойчивого развития, обладающий энергией. В то же время в основе искусственного ландшафта лежит естественная, природная основа. Поэтому в исследовании рассмотрен и экологический аспект искусственного ландшафта, как его взаимосвязь с природной основой для целей природопользования. В естественнонаучной модели искусственного, рукотворного, антропогенного ландшафта нет гуманитарных, социальных составляющих, присущих понятию «культурный ландшафт». Искусственный ландшафт здесь рассматривается с точки зрения природно-хозяйственных геосистем [9]. Следовательно, более корректным, возможно, будет использование в дальнейшем термина «агрокультурный ландшафт». С помощью всестороннего изучения экологической географии было обосновано значение и применение агроландшафта как антропогенного – прямо или косвенно созданного деятельностью человека в особо охраняемых территориях.

Необходимо отметить, что агроландшафт (сельскохозяйственный, агрокультурный ландшафт) – это природно-сельскохозяйственная геосистема, в которой главным структурным элементом являются сельскохозяйственные угодья, а подчиненными – элементы экологической инфраструктуры, в данном случае экологический каркас. Особо значимо, что агроландшафты включают территории населенных пунктов, ферм, сельскохозяйственных угодий. С точки зрения назначения агроландшафтов – это производство максимально большого ресурса для удовлетворения потребностей сообщества. Так же в ходе исследования обосновывается модель агроландшафта как земледельческая экосистема – агроэкосистема.

В отличие от природной экосистемы в агроэкосистеме живет меньше видов растений, животных и микроорганизмов. Следовательно, пищевые цепи здесь короткие, неразветвленные. Нарушены естественные трофические связи, закон пирамиды энергии. Изымается до 90 % продукции, а потери восполняются за счет внесения удобрений в почву. Более того, монокультурная агроэкосистема приводит к созданию благоприятных условий для консументов, питающихся этим видом (вирусов, бактерий, нематод, клещей, насекомых и т.п.). Как следствие – это означает необходимость использования химических средств защиты, что, в свою очередь, влечет за собой нарушение цепочки взаимодействия всего природного сообщества. Все это приводит к неустойчивому круговороту веществ и энергии, следовательно, к неустойчивости самой экосистемы. Ввиду своей неустойчивости, без участия человека агроэкосистема существовать не может – она получает ресурсы и энергию не только от Солнца и природной основы, но и от человека. Без управления человеком она деградирует и разрушается, ей необходимы ресурсы человека для своего зарождения, управления и существования, благодаря которым происходит искажение всей энергетики агроэкосистемы. Согласно принципу природно-сельскохозяйственной адаптивности, структура и функционирование агроландшафта должны быть максимально адаптированы к местным природным условиям, к исходному природному ландшафту, на месте которого образовался агроландшафт. Агроландшафты нуждаются в постоянной антропогенной регуляции, управлении, основанном на оптимальном сотворчестве человека и природы.

Так например, на территории национального парка Самарская Лука находятся сельские поселения: Аскулы, Сосновый Солонец, Ермаково, Мордовы и другие, численность населения которых составляет более восьми тысяч человек. Направление деятельности, трудовая занятость населения – это сельское хозяйство, причем с использованием современных технологий. Человек искусственно вторгается в природную экосистему особо охраняемой территории, с одной стороны, обеспечивает свою жизнедеятельность, с другой стороны, выполняет разрушительную или созидающую функцию. В результате, несмотря на свойства природной экосистемы, ее способности к саморегуляции компонентов, возможно нарушение пищевой цепочки, которое приведет к нарушению равновесия и исчезновению экосистемы особо охраняемой территории в целом. Следовательно, актуально создание человеком адаптированного растительного сообщества, обладающего малой экологической надежностью, но при этом высокой продуктивностью. Проанализированы возможные варианты такой адаптации. В основном они сводятся к следующему: вписывание сельскохозяйственных угодий в морфологическую структуру исходного природного ландшафта; обязательное включение в состав агроландшафта элементов экологической инфраструктуры;

строгий адаптивный отбор систем земледелия, соответствующий природным свойствам земель; приближение агроценозов к естественным (разработка поликультурных многоярусных насаждений) [10].

Выявлено, что универсальным фактором устойчивого развития особо охраняемых территорий является синтез «природного ландшафта» и «агроландшафта». Устойчивость в таком взаимодействии проявится в способности обновления, преобразования культуры развития территории, и прежде всего на основе сохранении целостности «экосистемы» национальных парков в процессе бережного и безопасного освоения человеком.

Таким образом, понятия «природный ландшафт» и «агроландшафт» с точки зрения экологической географии тесно связаны с понятием «экосистема» – биологическая система, состоящая из сообщества живых организмов, среды их обитания, системы связей, осуществляющей обмен веществом и энергией между ними [11].

Заключение

В результате исследования мы выяснили, что с точки зрения гуманитарной и экологической географии ландшафт есть отражение культуры человеческих сообществ и процессов, протекающих в живой природе. В естественных и искусственных ландшафтах эти процессы проявляются в разных мерах. Но тем не менее на искусственный ландшафт оказывает влияние природная основа, а природный ландшафт, в свою очередь, управляется человеческим сообществом методом охраны и восстановления.

Следует отметить, что ландшафт есть средство для достижения целей сообществ, таких как человеческих и экосистемных для удовлетворения их потребностей в ресурсах для обеспечения жизнедеятельности. При этом не только сами ландшафты формируются культурой сообществ, но и культура формируется под влиянием ландшафтов.

Мы определили, что природные ландшафты, с точки зрения управления ими, являются относительно стабильными и неизменными, и мы можем принять состояние их ресурсов как некую константу. Искусственные ландшафты, наоборот, лишены стабильности и устойчивости, поэтому легко трансформируются под воздействием любых внешних факторов. Таким образом, можно сделать вывод, что посредством управления ландшафтами мы можем изменять его свойства, тем самым изменяя воздействие ландшафтов на культуру, меняя негативный вектор на позитивный и конструктивный.

Для этих целей необходимо в первую очередь выявить точки соприкосновения интересов всех субъектов системы устойчивого развития: природоохранные организации, различные человеческие сообщества, заинтересованные в устойчивом развитии территории, природные ландшафты, искусственные ландшафты, далее подобрать инструменты, которые позволят управлять ресурсами искусственных ландшафтов с целью соответствия их свойств интересам всех субъектов и тем самым приведут к усилению системы устойчивого развития. Результатом такого взаимодействия станет получение взаимных выгод для всех субъектов цепочки и устойчивость всей системы устойчивого развития особо охраняемых территорий.

Список литературы

1. Севильская стратегия для биосферных территорий. Биосферные территории: первые двадцать лет [Электронный ресурс]. URL: http://www.unesco.org/new/en/natural-sciences/environment/ecological-sciences/biosphere-reserves/ (дата обращения: 25.02.2019).

2. Положение о национальном парке «Самарская Лука» от 25.02.2015 N 69 (с изм., внесенными решением Верховного Суда РФ от 02.09.2015 № АКПИ15-681) [Электронный ресурс]. URL: http://npsamluka.ru/polozh (дата обращения: 25.02.2019).

3. Бегун Т.В. Устойчивое развитие: определение, концепция и факторы в контексте моногородов // Экономика, управление, финансы: материалы II Международной научной конференции (г. Пермь, декабрь 2012 г.). Пермь: Меркурий, 2012. С. 158–163.

4. Гаврилюк Е.Д. К вопросу о понятии «искусственные территории» // Научный аспект. 2013. № 3. С. 30–35.

5. Рагулина М.А. Классическая концепция культурного ландшафта Карла Зауэра: история и современность // Известия Иркутского государственного университета. Серия «Науки о Земле». 2013. Т. 6. № 1. С. 174–182.

6. Иванова А.А. Фольклор как форма репрезентации и интерпретации культурного ландшафта // Культурные ландшафты России и устойчивое развитие. Четвертый выпуск трудов семинара «Культурный ландшафт». М.: Географический факультет МГУ, 2009. С. 39–45.

7. Стрелецкий В.Н. Зауэр // Большая Российская Энциклопедия, электронная версия [Электронный ресурс]. URL: https://bigenc.ru/geography/text/1989365 (дата обращения: 25.02.2019).

8. Красовская Т.М. Культурные ландшафты и устойчивое развитие // Культурные ландшафты России и устойчивое развитие. Четвертый выпуск трудов семинара «Культурный ландшафт». М.: Географический факультет МГУ, 2009. С. 11–16.

9. Калуцков В.Н. Культурное ландшафтоведение как направление междисциплинарных исследований // Культурные ландшафты России и устойчивое развитие. Четвертый выпуск трудов семинара «Культурный ландшафт». М.: Географический факультет МГУ, 2009. С. 29–39.

10. Табаксблат Л.С., Аткина Л.И. Ландшафтоведение: учебное пособие. Екатеринбург: Урал. гос. лесотехнич. ун-т, 2010. 243 с.

11. Биологический словарь On-line [Электронный ресурс]. URL: http://bioword.ru/ (дата обращения: 25.02.2019).

УДК 544.72:546.72

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ИОНОВ ЖЕЛЕЗА (III) ИЗ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ МОДИФИЦИРОВАННЫМИ ПРИРОДНЫМИ СОРБЕНТАМИ

Полещук И.Н., Пинигина И.А., Созыкина Е.С.

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, e-mail: poleschukin@tyuiu.ru

В представленной работе проводились исследования неорганических сорбентов: каолинита и монтмориллонита в природной и модифицированной форме. Цель работы: исследование сорбционной способности монтмориллонита и каолинита в различных формах по отношению к ионам железа (III). Для изменения сорбционной активности исследуемых сорбентов проводили химическую обработку поверхности сорбентов различными веществами-модификаторами. В результате были получены H-, OH- и Na-формы, а затем исследовался процесс сорбции ионов железа (III) методом переменных концентраций в статических условиях при температуре 25 °С. Концентрацию извлекаемого иона в растворах определяли комплексонометрическим титрованием. Исследовано равновесие обмена ионов Fe (III) на монтмориллоните и каолините методом построения изотерм. Полученные изотермы адсорбции были обработаны с помощью уравнения Лэнгмюра, представлены в линейной форме и определены постоянные величины Ленгмюровской изотермы (T_∞ и K). Полученные результаты показали, что солевая форма каолинита и монтмориллонита имеет большее число активных центров, а поэтому обладает большим сродством по отношению к ионам железа. Разные формы каолинита и монтмориллонита по сорбционной способности располагаются в следующем порядке: Na-форма > OH-форма > H-форма > природный сорбент.

Ключевые слова: природные сорбенты, ионы железа (III), процесс сорбции, статические условия, модифицированные формы сорбента, уравнение Ленгмюра

EXTRACTING IONS OF IRON (III) FROM AQUEOUS SOLUTIONS BY NATURAL SORBENTS MODIFIED

Poleshchuk I.N., Pinigina I.A., Sozykina E.S.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education «Tyumen Industrial University», Tyumen, e-mail: poleschukin@tyuiu.ru

In the present work, studies of inorganic sorbents: kaolinite and montmorillonite in natural and modified form were carried out. Objective: to study the sorption capacity of montmorillonite and kaolinite in various forms with respect to iron ions (III). To change the sorption activity of the sorbents under study, the surface of the sorbents was chemically treated with various substances-modifiers. As a result, H -, OH – and Na-forms were obtained, and then the process of sorption of iron ions (III) was studied by the method of variable concentrations under static conditions at a temperature of 25 °C. The concentration of the extracted ion in solutions was determined by complexometric titration. The equilibrium of Fe (III) ion exchange on montmorillonite and kaolinite was studied by the method of isotherm construction. The adsorption isotherms obtained were processed using the Langmuir equation, presented in a linear form, and the Langmuir isotherm constants (T_∞ and K) were determined. The results showed that the salt form of kaolinite and montmorillonite has a greater number of active centers, and therefore has a large affinity with iron ions. Different forms of kaolinite and montmorillonite sorption capacity are arranged in the following series: Na-form ON-form H-form natural sorbent.

Keywords: natural sorbents, iron ions (III), the sorption process, static conditions, modified sorbent forms, Langmuir equation

Природные воды Тюменской области отличаются повышенным содержанием нефтепродуктов, марганца, цинка, меди, соединений железа [1]. Вода с содержанием железа от 1,5 мг/л и больше окрашена в желто-бурый цвет. Такая вода имеет повышенную мутность, металлический привкус и поэтому не может быть пригодна для питья Содержание железа по СанПиН не должно превышать величину 0,3 мг/л [2]. Бытовая и промышленная техника может выйти из строя даже при меньшем содержании железа в результате образования хлопъеобразного осадка в системе водоснабжения. Избыточное содержание железа приводит к негативному воздействию на кожу человека, влияет на состав крови, ведет к возникновению аллергических реакций, могут быть поражены внутренние органы человека [3]. В связи с этим весьма актуальной является проблема избыточного содержания железа в источниках централизованного водоснабжения населения питьевой водой.

Результаты исследования процесса сорбции ионов железа (III) на природных сорбентах монтмориллоните и каолините, проведенного в статических условиях при температурах 298, 318 и 333 К, представлены в работе [4]. Известно, что сорбционную активность неорганических сорбентов можно повысить путем их химической обработки [5–7].

В настоящей работе представлены результаты исследования сорбционной активности модифицированных форм каолинита и монтмориллонита по отношению к ионам железа (III).

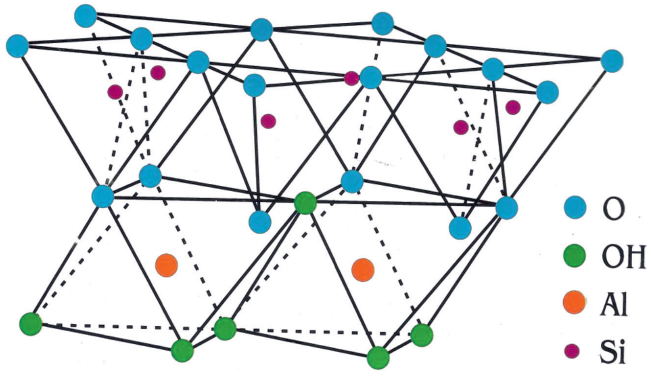


Рис. 1. Структура каолинита

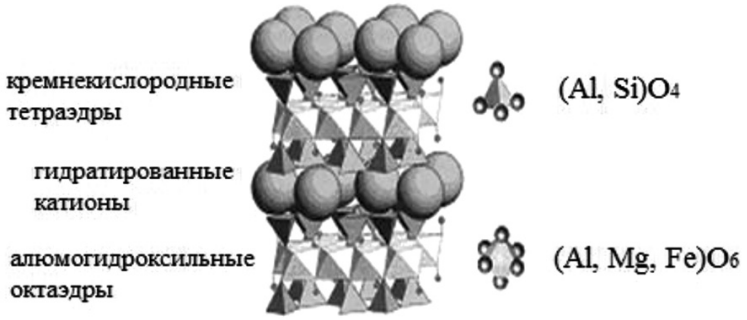


Рис. 2. Структура монтмориллонита

Материалы и методы исследования

Исследуемые сорбенты измельчали, просеивали и для исследования отбирали сорбент с фракционным размером частиц 1–2 мм. Для получения химически модифицированных форм исследуемых сорбентов навески каолинита и монтмориллонита массой 1 г обрабатывали растворами HCl, NaOH и NaCl. Таким образом были получены: H-форма, OH-форма и Na-форма сорбентов. Эксперимент проводили при температуре 25 °C.

Сорбцию ионов Fe (III) на модифицированных формах исследуемых сорбентов проводили в статических условиях из хлоридных растворов методом переменных концентраций. Методика проведения эксперимента описана в работе [4]. Начальное и равновесное содержание Fe (III) определяли комплексонометрическим титрованием по методике [8].

Природный каолинит – минерал слоистых силикатов, является одним из главных глинистых минералов, составляет основу каолина, входит в состав глин, мергелей и глинистых сланцев. В основе структуры каолинита лежат многочисленные слои, состоящие из тетраэдров SiO_4. Такие тетраэдры имеют три общих атома кислорода и связаны они через свободные вершины атомом алюминия и гидроксогруппой (рис. 1). Слоистая структура каолинита придает глинам и каолинам свойство пластичности [9].

Монтмориллонит – является глинистым минералом из группы смектитов подкласса слоистых силикатов, являющимся основным компонентом бентонита. Химический состав минерала непостоянный и сильно зависит от различного содержания воды в нем. Существуют различные разновидности монтмориллонита: Mg-монтмориллонит, Cu-Fe-монтмориллонит, Ca-монтмориллонит, ферримонтмориллонит и другие [9]. Кристаллическая структура монтмориллонита состоит из симметрично сложенных пачек слоев, между которыми находятся молекулы воды и атомы металлов Ca, Na и другие (рис. 2). Между пачками слоев достаточно большие расстояния, поэтому при смачивании минерал сильно набухает [9].

Химический состав исследуемых сорбентов, полученный с помощью электронной микроскопии, представлен в работах [10, 11].

Результаты исследования и их обсуждение

Для достижения поставленной цели в работе на основе полученных экспериментальных данных рассчитывали величину адсорбции (Г) по уравнению

$$\Gamma = \frac{(C_0 - C_{p.}) \cdot V_{\text{р-ра}}}{m_c}, \qquad (1)$$

где C_0 – концентрация катионов железа (III) в исходном растворе, ммоль/мл; C_p – равновесная концентрация катионов железа (III) в растворе после сорбции, ммоль/мл; V – объем модельного раствора, мл; m_c – масса сорбента, г.

На основе рассчитанных величин удельной сорбции строили изотермы ионов железа (III) в статических условиях. Изотермы сорбции дают представление о сорбционной активности исследуемых сорбентов и о характере процесса сорбции катионов железа (III). На рис. 3 представлены изотермы для различных форм монтмориллонита, на рис. 4 – для каолинита.

По теории БЭТ (классификация Брунауэра, Эммета и Теллера) представленные на рис. 3 и 4 изотермы соответствуют виду изотерм I типа. Изотермы такого типа характеризуют сорбцию мономолекулярным слоем [12]. На изотермах присутствуют выпуклые участки, которые определяют наличие микропор в исследуемых сорбентах. Полученные экспериментальные данные показывают, что исследованные сорбенты в модифицированном виде (Na-форма и OH-форма) обладают повышенной сорбционной способностью к извлекаемому иону железа (III). Сорбционная емкость для каолинита в OH-форме составила 2,52 ммоль/г, в солевой форме – 3,39 ммоль/г; для монтмориллонита в OH-форме составила 2,51 ммоль/г, в солевой форме – 2,95 ммоль/г.

Изотермы адсорбции обрабатывали с помощью уравнения Ленгмюра:

$$\Gamma = \Gamma_{\infty} \frac{K \cdot C}{1 + K \cdot C} \qquad (2)$$

или в линейной форме [13]:

$$\frac{C}{\Gamma} = \frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot K} + \frac{1}{\Gamma_{\infty}} \cdot C, \qquad (3)$$

где Г – сорбционная емкость сорбента, моль/г; Γ_{∞} – предельная сорбционная емкость монослоя, моль/г; K – константа сорбционного равновесия; C – равновесная концентрация ионов железа (III) в растворе, моль/л.

Изотермы в линейном виде для монтмориллонита (рис. 5, А) и для каолинита (рис. 5, Б) дают возможность определить постоянные величины Ленгмюровской изотермы (Γ_{∞} и K). По тангенсу угла наклона построенной прямой находим Γ_{∞} ($tg\alpha = 1/\Gamma_{\infty}$), а по отрезку, отсеченному на оси ординат и равному $\frac{1}{\Gamma_{\infty} \cdot K}$, находим константу сорбционного взаимодействия [14].

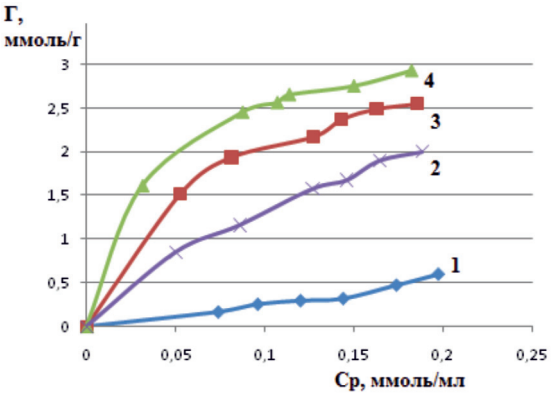


Рис. 3. Изотермы сорбции катионов железа (III) в статических условиях на различных формах монтмориллонита: 1 – природная, 2 – H-форма, 3 – OH-форма, 4 – Na-форма

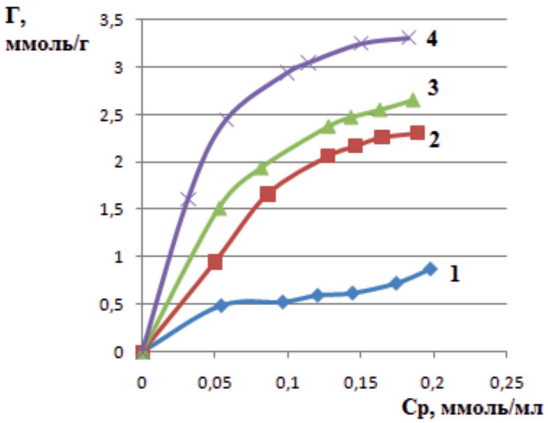


Рис. 4. Изотермы сорбции катионов железа (III) в статических условиях на различных формах каолинита: 1 – природная, 2 – H-форма, 3 – OH-форма, 4 – Na-форма

Постоянные величины уравнения Ленгмюра для сорбции ионов железа (III) из водных растворов на различных формах каолинита и монтмориллонита

Формы сорбентов	каолинит			монтмориллонит		
	Γ_{∞} ммоль/г	K, л/ммоль	R^2	Γ_{∞} ммоль/г	K, л/ммоль	R^2
природная	10,87	0,86	0,946	5,27	0,43	0,982
H-форма	23,81	2,31	0,976	21,28	1,96	0,983
OH-форма	49,72	4,67	0,979	45,56	3,44	0,989
Na-форма	83,33	6,11	0,987	67,04	5,23	0,998

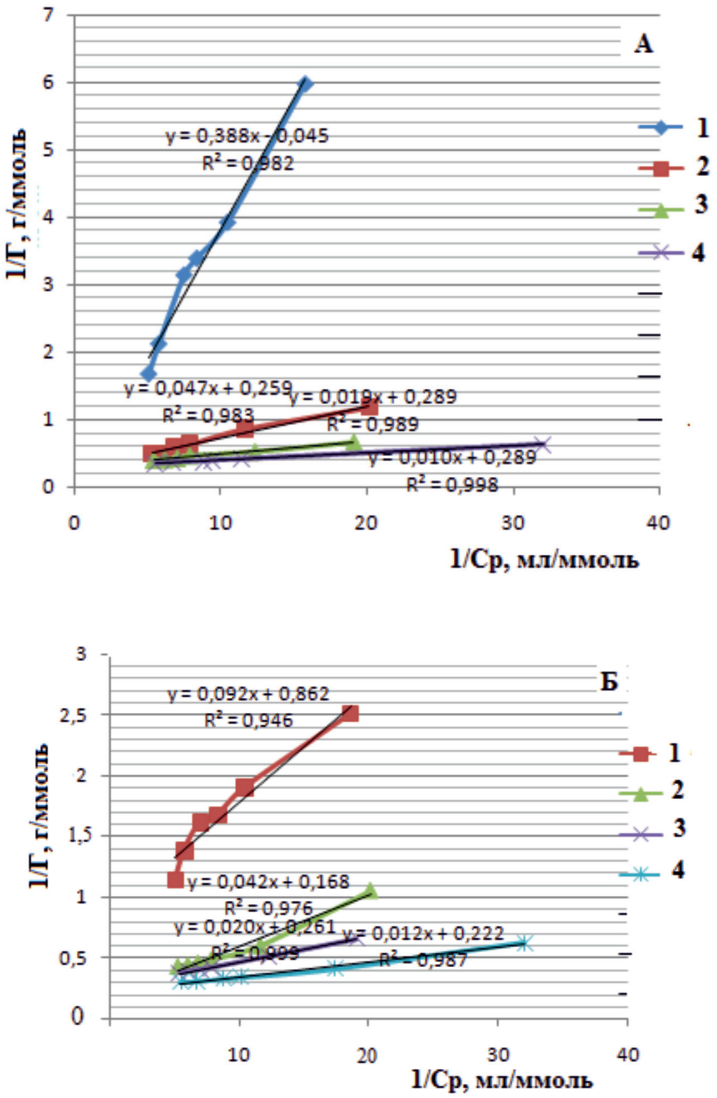


Рис. 5. Изотермы Ленгмюра в линейной форме для сорбции ионов железа (III) на монтмориллоните (А) и на каолините (Б) в различных формах: 1 – природная, 2 – Н-форма, 3 – ОН-форма, 4 – солевая форма

В таблице представлены рассчитанные значения постоянных величин уравнения Ленгмюра.

Из полученных данных таблицы видно, что солевая форма монтмориллонита и каолинита проявляет наибольшее сродство к ионам железа (III).

Выводы

Анализируя полученные результаты, можно сделать вывод, что солевая и щелочная форма исследованных сорбентов имеет большее число активных центров, а поэтому обладает большим сродством по отношению к ионам железа. На основе рассчитанных констант сорбционного взаимодействия сорбента и сорбтива модифицированные формы монтмориллонита и каолинита образуют следующий ряд: Na-форма > ОН-форма > Н-форма > природный сорбент.

Список литературы

1. Доклад об экологической ситуации в Тюменской области в 2016 году. Тюмень, 2017. 212 с.

2. ГОСТ 4011-72. Методы измерения массовой концентрации общего железа. В вед. 01.01.1974. Государственный комитет стандартов Совета Министров СССР от 09.10.72. № 1855. Тюмень, 2017. 13 с.

3. Добротворская С.Г. Анатомия и физиология основных систем и органов человека. Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет. 2016. 96 с.

4. Полещук И.Н., Пинигина И.А., Созыкина Е.С. Извлечение железа (III) из водных растворов природными сор-

бентами // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 3. С. 65–69.

5. Кондрашова А.В. Химическое модифицирование природного сорбента // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2014. Т. 26. С. 286–290 [Электронный ресурс]. URL: http://e-concept.ru/2014/64358.htm (дата обращения: 17.03.2019).

6. Пимнева Л.А., Андреев О.В. Модифицированные формы каолинита для извлечения ионов меди из природных и сточных вод // Фундаментальные исследования. 2018. № 5. С. 13–17.

7. Хурамшина И.З., Никифоров А.Ф., Кутергин А.С. Сорбция меди (II) из водных систем модифицированными алюмосиликатами в статических условиях // Водное хозяйство России. 2012. № 5. С. 88–100.

8. Основы аналитической химии. Практическое руководство: учеб. пособие для вузов / Под ред. Ю.А. Золотова. М.: Высшая школа, 2001. 160 с.

9. Булах А.Г., Кривовчев В.Г., Золотарев А.А. Общая минералогия. М.: Академия, 2008. 416 с.

10. Pimneva L., Poleschuk I. Extraction of ions of zinc and copper by modified kaolinite forms. IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering. 2018. V. 451. P. 012224.

11. Pimneva L. Absorption of copper ions of natural montmorillonite clay. MATEC Web of Conferences. 2017. V. 106. P. 03008.

12. Грег С., Синг К. Адсорбция, удельная поверхность, пористость. М.: Мир, 1984. 306 с.

13. Пальтиель Л.Р., Зенин Г.С., Волынец Н.Ф. Коллоидная химия: учеб. пособие. СПб.: СЗТУ, 2004. 68 с.

14. Смирнов А.Д. Сорбционная очистка воды. Л.: Химия, 1982. 168 с.

УДК 666.972:54.052

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ СОСТАВОВ МЕЛКОЗЕРНИСТОГО БЕТОНА С ДОБАВЛЕНИЕМ НАНОКРЕМНЕЗЕМА И МИКРОКРЕМНЕЗЕМА

Потапов В.В., Горев Д.С.

ФГБУН «Научно-исследовательский геотехнологический центр» ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: vadim_p@inbox.ru

Сопоставлено влияние на прочность мелкозернистого бетона добавок нано- и микрокремнезема. Влияние добавок оценивалось по показателям прочности при сжатии и изгибе. Выявлен диапазон добавок нанопорошка кремнезема, при котором прочность при сжатии и изгибе увеличивается. За пределами этого диапазона прочность при сжатии и изгибе снижается с увеличением дозы. Выполнены эксперименты на прочность бетона с применением золя нанокремнезема и определены зависимости прочности при сжатии и изгибе от дозы SiO_2. Установлены определенные зависимости прочности при сжатии и изгибе от дозы микрокремнезема. В целом полученные данные позволили сопоставить активность нано- (в форме порошка и золя) и микрокремнезема. Показано, что применение добавок в виде золей нанокремнезема является технологически более эффективным При существенно меньшем расходе нанокремнезема по сравнению с микрокремнеземом достигается сходный эффект повышения прочности бетона. Кроме того, ввод в замес жидкой добавки осуществить проще, чем сухого порошка. По сравнению с сухим порошком в случае жидкой добавки легче обеспечить однородное распределение нанодисперсного диоксида кремния по объему замеса.

Ключевые слова: нанокремнезем, микрокремнезем, золь, прочность бетона при сжатии и изгибе, наночастицы

THE RESULTS OF TESTS OF THE COMPOSITIONS OF FINE-GRAINED CONCRETE WITH ADDITION OF NANOSILICA FUME AND MICROSILICA

Potapov V.V., Gorev D.S.

Research Geotechnological Center FEBRAS, Petropavlovsk-Kamchatsky, e-mail: vadim_p@inbox.ru

The influence of nano- and microsilica additives on the strength of fine-grained concrete is compared. The effect of additives was evaluated by the parameters of compressive and bending strength. The range of additives of silica nanopowder, in which the compressive and bending strength increases, is revealed. Outside this range, compressive and bending strength decreases with increasing dose. Experiments on the strength of concrete with the use of nanosilicon Sol were performed, and the dependence of the compressive and bending strength on the dose of SiO_2 was determined. You installed certain dependencies of compressive strength and Flexural strength of the dose of silica fume. In General, the obtained data allowed to compare the activity of nano – (in the form of powder and sol) and microsilica. It is shown that the use of additives in the form of nanosilica sols is technologically more effective at a significantly lower consumption of nanosilica compared to microsilica, a similar effect of increasing the strength of concrete is achieved. In addition, the introduction of a liquid additive into the batch is easier than dry powder. In comparison with dry powder in the case of liquid additives, it is easier to ensure a uniform distribution of nanodispersed silicon dioxide in the volume of mixing.

Keywords: nanosilica, microsilica, sol, the strength of concrete in compression and bending, nanoparticles

Нанодисперсный диоксид кремния в настоящее время является одним из самых востребованных наноматериалов. Наноразмерный SiO_2 применяют в микро- и оптоэлектронике, используют в качестве добавок в производстве полимерных и строительных материалов, бумаги, включают в состав стекол, лакокрасочных, огнеупорных, антикоррозионных покрытий [1–2].

Наночастицы SiO_2 способны повышать прочность бетона [3–4]. Наночастицы SiO_2, имеющие высокую площадь поверхности и высокую скорость пуццолановой реакции, увеличивают скорость образования гидратов силикатов кальция, также снижают пористость бетона и повышают его плотность. В то же время накоплен значительный опыт применения в составе бетонов микрокремнезема для повышения прочности и улучшения других характеристик бетона [5–6].

Цель работы: сопоставление влияния на прочность бетона нанокремнезема и микрокремнезема.

Испытания экспериментальных составов

Образцы формовались и испытывались на прочность по ГОСТ 31357-2007. Смешение ингредиентов проводили на смесителе по ГОСТ 31356-2007; водные суспензии нанокремнезема и микрокремнезема делали с помощью ультразвуковой мешалки.

Образцы мелкозернистого бетона изготавливались в форме балочек. Контрольный состав замеса приведен в табл. 1.

Перед формованием проводили штыковку и встряхивание.

Расход нанокремнезёма был следующим (в% от цемента): 0,001; 0,01; 0,1; 1; 5; 10. Нанокремнезём при дозировках 0,001; 0,01; 0,1; 1%, вводился в виде водной суспензии. Для

приготовления суспензии использовалась ультразвуковая мешалка. Режим смешивания подбирался исходя из обеспечения однородности и стабильности суспензии. При расходе 5%, 10% нанокремнезем вводился в сухую смесь с последующим перемешиванием в лопастном смесителе (табл. 2).

Расход микрокремнезёма был следующим (в% от цемента): 0,1; 1; 3; 5; 8; 10. Микрокремнезём при дозировках 0,1%, 1%, вводился в виде водной суспензии. Для приготовления суспензии использовалась ультразвуковая мешалка. Смешение микрокремнезема проводили так же, как нанокремнезема. При расходе 3; 5; 8; 10% микрокремнезем вводится в сухую смесь с последующим перемешиванием в лопастном смесителе (табл. 3).

Повышение прочности бетона вводом нанокремнезема

Расход золя нанокремнезема был таким (в% от цемента в пересчете на сухое вещество): 0,01; 0,1. Характеристики золей МВ и ГВ, использованных в эксперименте были: плотность золя

ГВ = 1160 г/дм^3, [SiO_2] = 260 г/дм^3; плотность золя МВ = 1085 г/дм^3, [SiO2] 140 г/дм^3.

Образцы мелкозернистого бетона испытывали в соответствии ГОСТ 310.4-81.

При расходе нанопорошка SiO_2 от 0,01% до 1% относительно расхода цемента прочность при сжатии и изгибе возрастала. При расходе SiO_2 более 1% прочность при сжатии и изгибе снижалась (рис. 1, 2).

Таблица 1

Экспериментальная рецептура контрольного состава мелкозернистого бетона

Компонент	Дозировка, %
Портландцемент ПЦ М500ДО Н (ОАО Вольскцемент)	25
Песок ПБ 150-1 (ЗАО Сибелко Рус)	75
Вода	20

Таблица 2

Экспериментальный состав мелкозернистого бетона с нанокремнеземом

Компонент	Дозировка, %
Портландцемент ПЦ М500ДО Н (ОАО Вольскцемент)	25
Песок ПБ 150-1 (ЗАО Сибелко Рус)	75
Нанокремнезем	0–2,5
Вода	20

Таблица 3

Экспериментальный состав мелкозернистого бетона с микрокремнеземом

Компонент	Дозировка, %
Портландцемент ПЦ М500ДО Н (ОАО Вольскцемент)	25
Песок ПБ 150-1 (ЗАО Сибелко Рус)	75
Микрокремнезем (компания ELKEM)	0–2,5
Вода	20

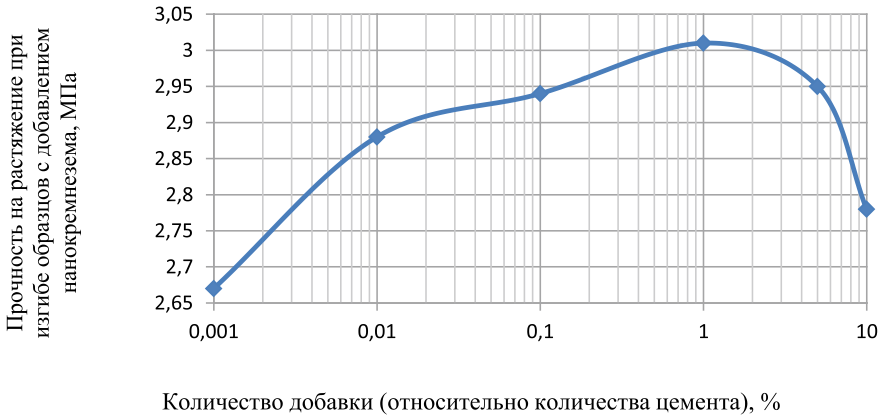


Рис. 1. Зависимость прочности изгибе от расхода нанопорошка SiO_2

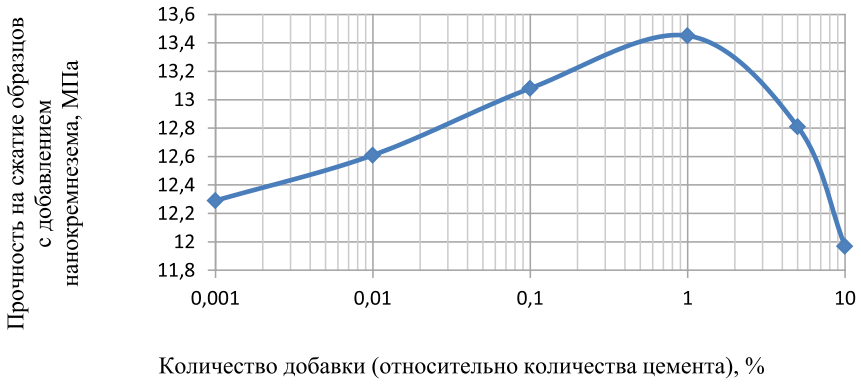


Рис. 2. Зависимость прочности сжатии от расхода нанопорошка SiO_2

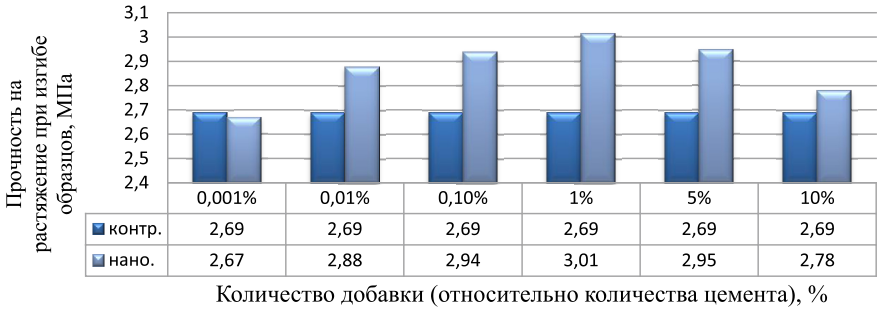


Рис. 3. Прочность при изгибе образцов с добавкой нанокремнезема по сравнению с контрольным образцом

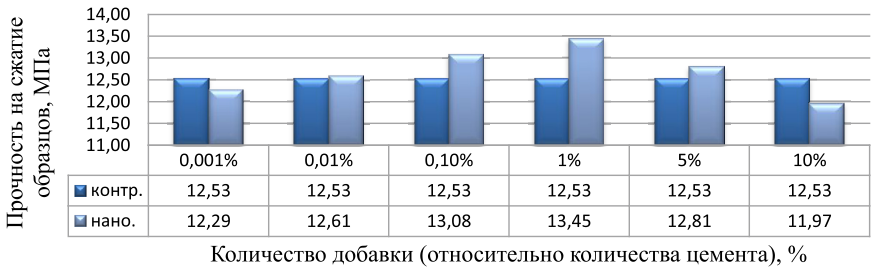


Рис. 4. Прочность при сжатии образцов с добавкой нанокремнезема

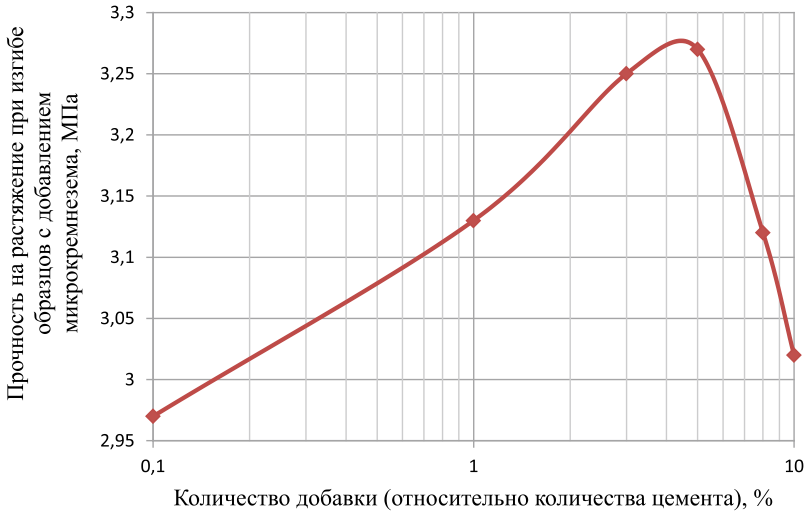


Рис. 5. Прочность при изгибе при различных дозах микрокремнезёма



Рис. 6. Прочность при сжатии при различных дозах микрокремнезёма

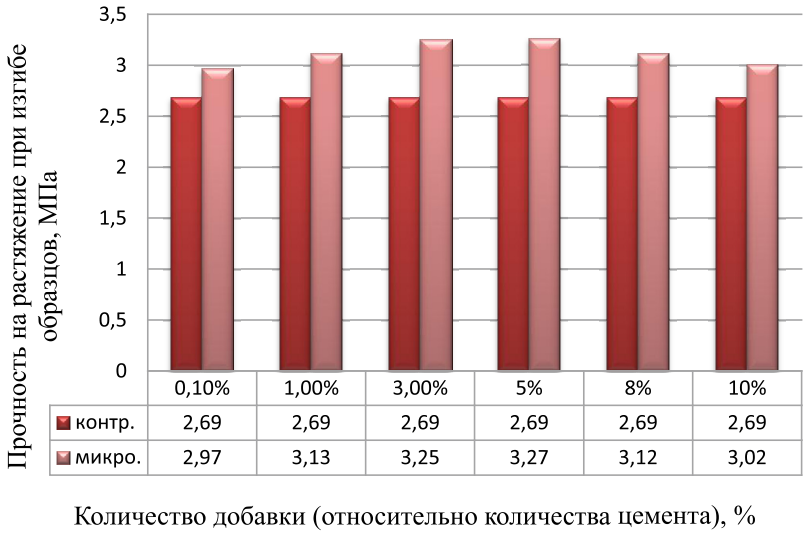


Рис. 7. Прочность при изгибе образца с добавкой микрокремнезема по сравнению с контрольным образцом

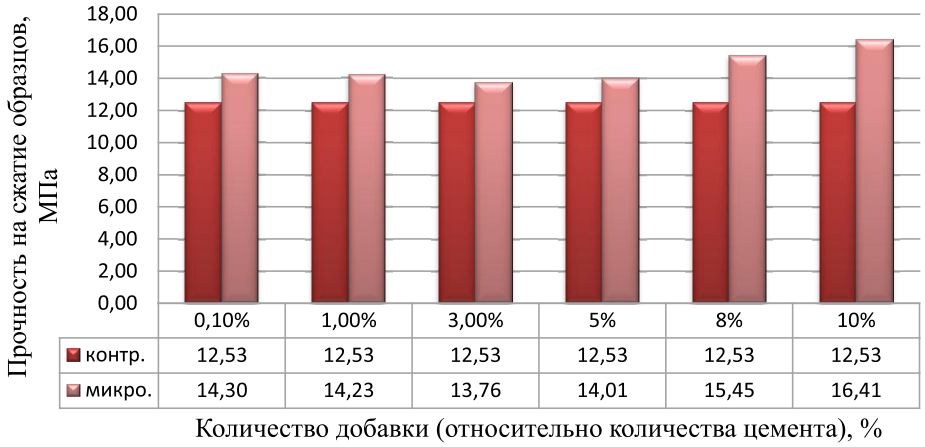


Рис. 8. Прочность при сжатии образца с добавкой микрокремнезема по сравнению с контрольным образцом

Повышение прочности бетона вводом микрокремнезема

Прочность при изгибе возрастала при расходе SiO_2 0,1–5 %, при расходе SiO_2 выше 5 % – уменьшалась (рис. 3, 4). Прочность при сжатии начинала увеличиваться при расходе SiO_2 0,1–6 %, и продолжала возростать при расходе SiO_2 7–10 % (рис. 5–8).

Повышение прочности бетона вводом золя нанокремнезема

При расходе SiO_2 от 0,01 % до 0,1 % золя нанокремнезема ГВ прочность при сжатии и изгибе возрастала (табл. 4), добавление золя нанокремнезема МВ не привело к росту прочностных показателей (рис. 9, 10).

Содержание SiO_2 (94,59 %) в нанокремнеземе превышает содержание SiO_2 (84,12 %) в микрокремнеземе (табл. 5). Как показал рентгенофазовый анализ, порошок нанокремнезема полностью аморфный, в микрокремнеземе доля SiO_2 в кристаллической форме – 1,81 %, в аморфной форме – 83 %. Химическая активность кремнезема в пуццолановой реакции выше в аморфной форме, чем в кристаллической. Результаты сравнительных физико-механических испытаний нанокремнезема и микрокремнезема приведены на рис. 11, 12.

Таблица 4

Прочность при сжатии и изгибе в зависимости от расхода золей

Образец	Контрольный	Золь нанокремнезема ГВ		Золь нанокремнезема МВ	
% добавки	0	0,01	0,1	0,01	0,1
Прочность на растяжение при изгибе, МПа	2,69	3,23	3,23	2,90	2,33
Прочность при сжатии, МПа	12,53	14,38	15,27	11,11	11,68

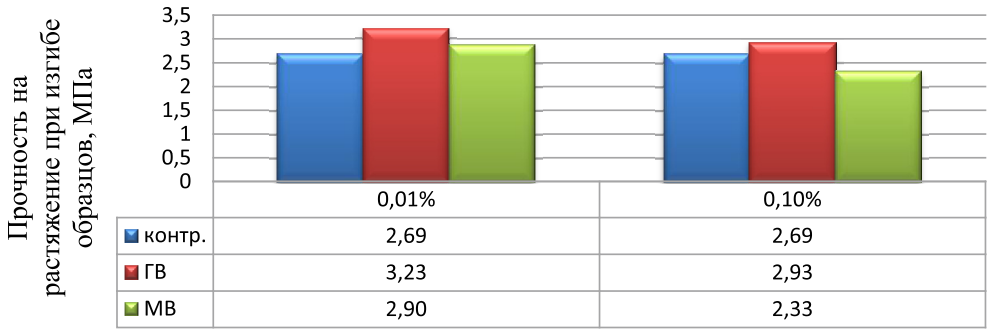


Рис. 9. Прочность при изгибе в зависимости от расхода золя

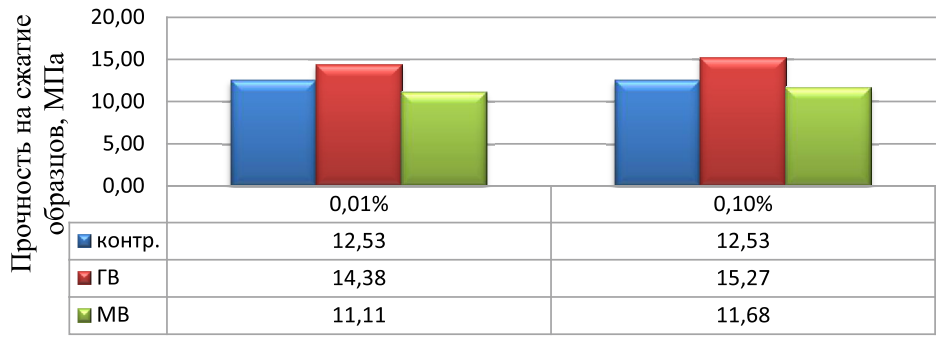


Рис. 10. Прочность при сжатии в зависимости от расхода золя

Таблица 5

Химический состав нанокремнезема и микрокремнезема

Элемент	Содержание в нанокремнеземе W_t, %	Содержание в микрокремнеземе W_t, %
Na_2O	02.03	01.45
MgO	00.00	04.44
Al_2O_3	01.37	01.10
SiO_2	94.59	84.12
SO_3	00.58	00.91
Cl_2O	00.99	00.35
K_2O	00.00	02.74
CaO	00.44	01.34
Fe_2O_3	00.00	02.14
ZnO	00.00	01.41

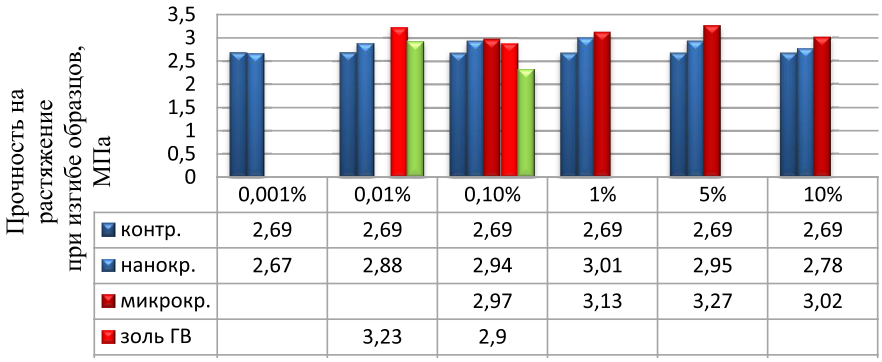


Рис. 11. Прочность при изгибе образцов с добавками нано- и микрокремнезема

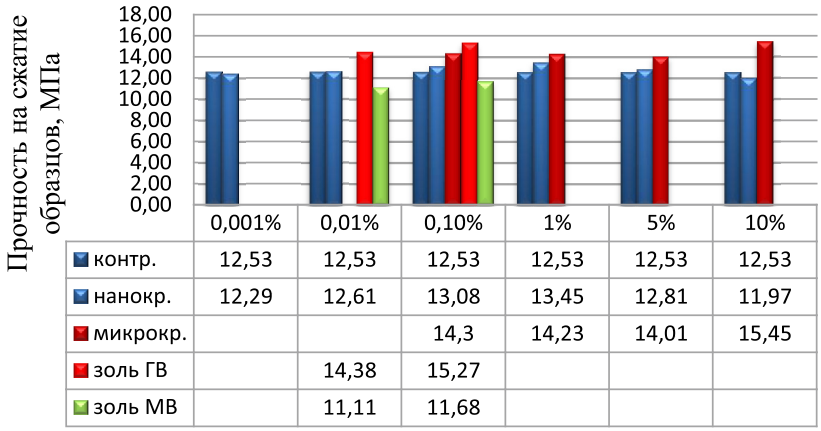


Рис. 12. Прочность при сжатии образцов с добавками нано- и микрокремнезема

Выводы

1. Эксперименты показали, что при дозировках нанопорошка SiO_2 от одной сотой до одного процента относительно цемента прочности при сжатии и изгибе повышаются. За пределами этого диапазона рост прочности сменяется снижением этих показателей.

2. При дозировках порошка микрокремнезема SiO_2 от одной десятой до пяти про-

центов относительно цемента прочность при изгибе увеличивается, при дозировке свыше пяти процентов начинает снижаться. Рост прочности при сжатии происходит монотонно при дозировке микрокремнезема свыше 6%.

3. При использовании в качестве добавки золя нанокремнезема он проявляет свою активность при значительно меньших дозах (в 50–100 раз) по сравнению с микрокремнеземом. Это можно объяснить в первую очередь тем, что нанокремнезем имеет более высокую удельную поверхность.

4. Использование золей в виде добавок, повышающих прочность бетона, более эффективно вследствие того, что предприятия по производству бетона, как правило, оборудованы дозаторами жидких добавок и ввод жидкой добавки в бетонный раствор осуществить проще, чем ввод сухого порошка.

Список литературы

1. Суздалев И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов: изд. 2, испр. М.: Техносфера, 2009. 592 с.

2. Потапов В.В., Грушевская Е.Н., Леонович С.Н. Модифицирование гидротермальным нанокремнеземом материалов на основе цемента // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 4–9.

3. Flores-Vivian I., Pradoto R. G.K., Moini M., Kozhukhova M., Potapov V., Sobolev K. The effect of SiO_2 nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of portland cement based materials. Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2017. P. 1–10.

4. Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 309 с.

5. Кравцов А.В., Цыбакин С.В., Евсеева Т.М., Соболев К.Г., Потапов В.В. Литые бетоны с использованием отходов медеплавильного производства и нанокремнезема // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 9 (108). С. 1010–1018.

6. Нанотехнологии. Азбука для всех / Под ред. Ю.Д. Третьякова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 368 с.

УДК 66.087.7

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ОКСИДНЫХ ПОКРЫТИЙ НА СПЛАВЕ ТИТАНА ВТ5

Рамазанова Ж.М., Замалитдинова М.Г.

АО «Национальный центр космических исследований и технологий», Алматы, e-mail: zhanat2005@yandex.kz

Титан и его сплавы широко используются в аэрокосмической промышленности и медицине благодаря таким своим свойствам, как малый удельный вес, высокая коррозионная стойкость и биологическая совместимость. Однако невысокая твердость, а соответственно, и низкая износостойкость этих материалов являются одной из причин, ограничивающих их более широкое применение. В данной работе изучено влияние быстротекущих импульсных воздействий плазменного электролитического оксидирования (ПЭО) на физико-механические характеристики оксидных покрытий при модифицировании поверхности сплава титана ВТ5. Данный метод позволяет получать принципиально новые покрытия с уникальным комплексом свойств, характеризующиеся высокими эксплуатационными показателями. В основу технологии положено явление микродуговых разрядов, способствующих образованию оксидных слоев на поверхности металлов. Полученные оксидные покрытия характеризуются высокой износостойкостью. При проведении трибологических испытаний покрытий получены данные по износостойкости покрытий. Оксидные покрытия на сплаве ВТ5 увеличиваются в 6 раз по сравнению с образцом без покрытия. Полученные кривые коэффициента трения для образцов с оксидным покрытием показали, что разрушения покрытия до основания не происходит. На кривых отмечается зона приработки, трущиеся поверхности приспосабливаются друг к другу и переходят в режим стабильного трения. Последнее приводит к уменьшению коэффициента трения и уменьшению интенсивности изнашивания

Ключевые слова: плазменно-электролитическое оксидирование, оксидное покрытие, трибологические испытания, микротвердость покрытия, износостойкость, электролит, электрохимическая ячейка, длительность импульса

STUDY OF PROPERTIES OF OXIDE COATINGS ON TITANIUM VT5 ALLOY

Ramazanova Zh.M., Zamalitdinova M.G.

JSC «National Center for Space Research and Technology», Almaty, e-mail: zhanat2005@yandex.kz

Abstract:Titanium and its alloys are widely used in the aerospace industry and medicine due to such properties as low specific weight, high corrosion resistance and biological compatibility. However, low hardness, and, accordingly, low wear resistance of these materials is one of the reasons limiting their wider use. In this work, we studied the effect of rapid pulsed effects of plasma electrolytic oxidation (PEO) on the physicomechanical characteristics of oxide coatings upon modifying the surface of a titanium alloy VT5. This method allows to obtain fundamentally new coatings with a unique set of properties, characterized by high operating performance. The technology is based on the phenomenon of microarc discharges that contribute to the formation of oxide layers on the surface of metals. The obtained oxide coatings are characterized by high wear resistance. When conducting tribological experiments of coatings, data on the wear resistance of coatings were obtained. Oxide coatings on the VT5 alloy increase 6 times as compared with the uncoated sample. The obtained friction coefficient curves for samples with an oxide coating showed that the destruction of the coating to the base does not occur. The curves mark the running-in zone, the rubbing surfaces adapt to each other and switch to the stable friction mode. The latter leads to a decrease in the coefficient of friction and a decrease in the wear rate.

Keywords: plasma electrolytic oxidation (PEO), oxide coating, tribological tests, coating microhardness, wear resistance, electrolyte, electrochemical cell, pulse duration

Разработка новых материалов и покрытий, обладающих улучшенными физико-механическими характеристиками, является одной из актуальных проблем материаловедения. Одним из наиболее эффективных, экономичных и экологически чистых методов их получения является метод плазменного электролитического оксидирования (ПЭО) или микродугового оксидирования (МДО). Это электрохимический процесс, протекающий при высокой напряженности электрического поля и сопровождающийся образованием микроплазмы и микрообластей с высоким давлением за счет образующихся газов, что в свою очередь, приводит к протеканию высокотемпературных химических превращений, транспорту вещества в дуге [1–3]. Во многих исследовательских работах, к сожалению, не исследуется износостойкость. По мнению авторов [4–6], при обнаружении в составе покрытия рутила TiO_2 без проведения трибологических исследований образующиеся покрытия принимаются как износостойкие. Вместе с тем микротвердость покрытий не всегда пропорциональна их износостойкости.

Титан и его сплавы широко применяются в аэрокосмической и других областях промышленности, что связано с их высокими удельными характеристиками. Однако существуют области, где применение этих сплавов ограничено их невысокой твердо-

стью и износостойкостью. В связи с этим актуальной является задача поверхностного модифицирования титановых сплавов.

Цель исследования: изучение физико-механических характеристик оксидных покрытий на сплаве титана ВТ5.

Материалы и методы исследования

При исследовании модифицирования поверхности титана и его сплава использовалась установка, состоящая из двухэлектродной электрохимической ячейки и источника питания (рис. 1). Ячейка состоит из ванны, вспомогательного электрода из нержавеющей стали марки и рабочего электрода – образца металла. Поверхность вспомогательного электрода в 50 раз превышала поверхность рабочего электрода. В качестве источника питания использовался импульсный источник питания «Корунд М0» тиристорного типа. Источник питания «Корунд М0» не серийного производства позволяет формировать чередующиеся положительные и отрицательные импульсы напряжения трапециевидной формы. При применении импульсов такой формы происходит максимально полное использование подаваемой энергии, при этом длительность паузы между импульсами достаточна, чтобы не происходил сильный перегрев приэлектродного слоя. Условия ведения процесса ПЭО: длительность анодного импульса тока 250 ± 25 мкс; длительность импульса катодного тока 5 ± 0,5 мс; пауза между анодным и катодным импульсами тока 250 ± 25 мкс; частота следования анодных и катодных импульсов 50 ± 0,5 Гц, напряжение в пределах 360–365 В, плотность тока в пределах 110–114 А/дм^2. Время процесса оксидирования 600 с.

Модифицированию поверхности подвергались образцы прямоугольной формы толщиной 3 мм размером 20х40 мм и 15х40 мм. Предварительно образцы подвергали шлифовке для удаления оксидной пленки и царапин.

Модифицированию поверхности подвергались образцы прямоугольной формы толщиной 3 мм размером 20х40 мм и 15х40 мм. Предварительно образцы подвергали шлифовке для удаления оксидной пленки и царапин. Затем проводили очистку поверхности от органических загрязнений. В качестве электролитов использовались растворы, составы которых представлены в таблице.

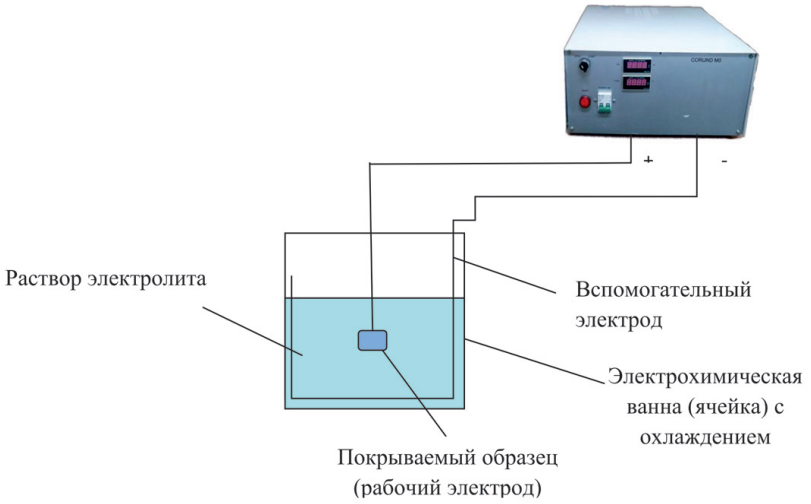


Рис. 1. Схема исследовательской установки

Составы электролитов

№ электролита	Состав электролита	Концентрация, г/л
1	Натрий фосфорнокислый двузамещенный 12 водный	40,0
	Натрий тетраборнокислый 10 водный	30,0
	Аммоний фтористый	10,0
	Кислота борная	22,0
2	Натрий фосфорнокислый тризамещенный	70,0
	Гидроокись алюминия	20,0
3	Натрий фосфорнокислый двузамещенный 12 водный	40,0
	Натрий тетраборнокислый 10 водный	30,0
	Аммоний фтористый	10,0
	Кислота борная	22,0
	Натрий метаванадата	1,0

Для приготовления растворов электролитов были использованы марки химических реактивов Ч, ХЧ, ЧДА.

Исследование поверхностной микротвердости оксидных покрытий на сплаве ВТ5 проводили на твердомере Виккерсат KB 30S Pruftechnik GmbH. Измерение микротвердости оксидных слоев проводили при нагрузке 200 г. Нагрузка была одинакова для всех образцов. Были проведены 6 измерений значений микротвердости покрытий для каждого образца. В работе используются среднеарифметические значения.

Трибологические исследования износостойкости оксидных покрытий на титановых образцах проводили на высокотемпературном трибометре THT-S-AX0000. Высокотемпературный трибометр – прибор, который основан на принципе трения индентера о поверхность. Условия трибологического испытания: нагрузка 1Н, линейная скорость 4 см/с, измерения осуществлялись при температуре 25С, влажности воздуха 50%, радиус трека 3 мм, количество оборотов 1000. При испытаниях использовался шариковый индентор из сплава ВК, диаметром 3 мм.

Износостойкость оценивали по площади трека, которую измеряли с применением бесконтактного 3D-профилометра MICROMEASURE 3Dstation. На профилометре получали трехмерное изображение поверхности и автоматическое вычисление площади трека. Перед исследованием на профилометре на образцы после испытания на трибометре напыляли тонкий слой алюминия толщиной 50–60 нм для повышения отражательных свойств поверхности. Анализ полученных профилей производится с использованием компьютерной программы Mountains Map Universal v.2.0.13, которая автоматически определяет площадь трека. Для каждого образца были получены 9 значений площадей трека. В работе используются среднеарифметические значения. Толщину оксидного покрытия определяли на толщиномере QuaNix-1500 с цифровой индексацией показателей.

Результаты исследования и их обсуждение

Процесс образования оксидного покрытия методом плазменного электролитического оксидирования или микродугового оксидирования представляется в нескольких последовательных стадиях: диссоциация солей на ионы; доставка ионов к поверхности электрода; электрохимическая реакция и сопровождающий ее микроплазменный процесс; образование оксидного или керамического покрытия; последующая химическая реакция, удаление газообразных продуктов реакции [7]. В результате местного высокоэнергетического воздействия на поверхности изделий формируются слои, включающие в свой состав как элементы матрицы (оксидируемого металла), так и элементы электролита [8]. При длительности анодного тока 250 мкс во всех растворах электролитов формируются плотные равномерные оксидные покрытия. Толщина оксидных покрытий составила 10–24,5 мкм.

Наибольшая микротвердость на сплаве титана ВТ5 получена в электролите № 1 (рис. 2) и составляет 790,2 HV, и увеличение по сравнению с образцом без покрытия составляет в 2 раза. Различные составы электролитов оказывают разное влияние на сплавы титана, имеющие в своем составе легирующие добавки. Увеличение поверхностной микротвердости наблюдается на образцах с покрытием, сформированных в растворах 1, 2, 3.

Титановые образцы без оксидного покрытия и с оксидным покрытием, полученные в импульсном режиме ПЭО в различных электролитах, также подвергались испытаниям на износостойкость.

При трибологических испытаниях были получены трехмерные изображения поверхностей образцов с треком, кривые изменения коэффициента трения, данные по площадям треков износа. Испытанию подвергались образцы без покрытия и с покрытием.

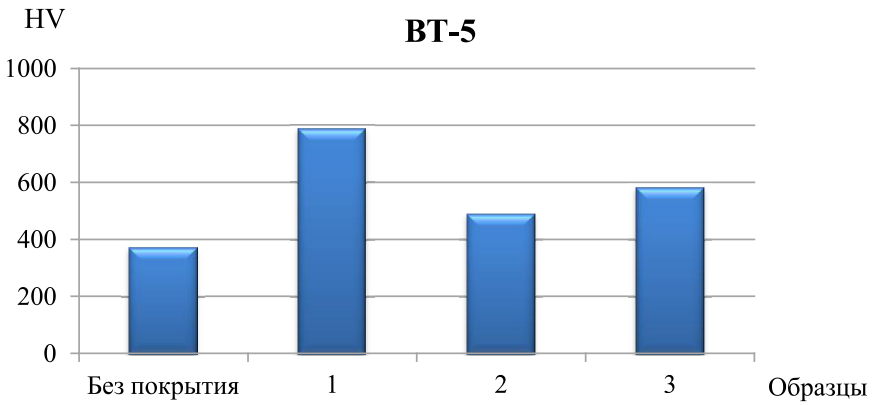
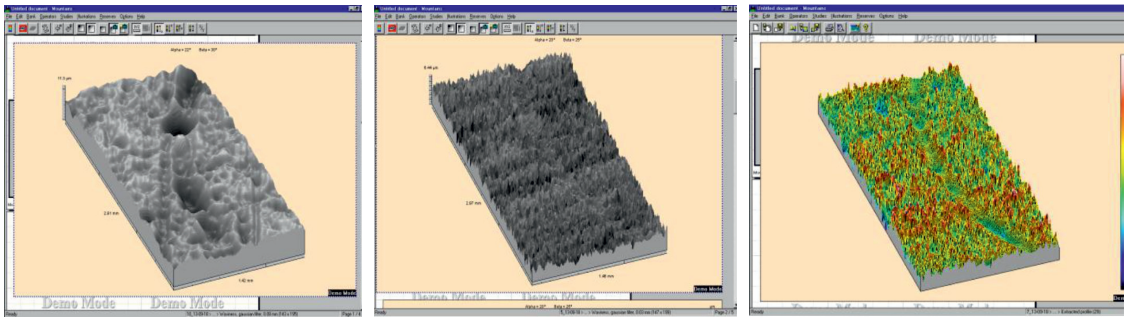
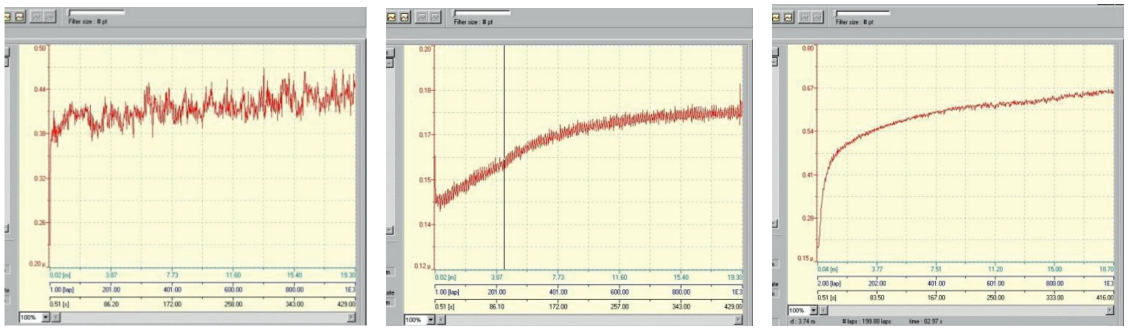


Рис. 2. Данные по микротвердости оксидных покрытий на сплаве ВТ 5 в сравнении с образцом без покрытия: 1, 2, 3 – образцы с покрытием, полученные в электролитах 1, 2, 3



а) *б)* *в)*

Рис. 3. Трехмерное изображение поверхностей образцов с треком для сплава ВТ5 без покрытия и с покрытием: а) сплав ВТ5 без покрытия; б) покрытие, полученное в электролите № 3; в) покрытие, полученное в электролите № 1



а) *б)* *в)*

Рис. 4. Соответствующие кривые коэффициентов трения для сплава ВТ5 без покрытия и с покрытием: а) кривая коэффициента трения на сплаве ВТ15 без покрытия; б) кривая коэффициента трения покрытия, полученная в электролите № 3; в) кривая коэффициента трения покрытия, полученная в электролите № 1

На рис. 3 приведены трехмерные изображения поверхностей образцов с треком для сплава ВТ5 без покрытия и с покрытием, полученных в растворах электролитов № 1, 3.

На рис. 4 показаны соответствующие кривые коэффициентов трения трехмерных изображений, приведенных на рис. 3.

По полученным трехмерным изображениям поверхностей образцов с треком видно, что ширина и глубина трека образца без покрытия значительно превосходит ширину и глубину треков образцов с покрытием. Из этого следует, что износостойкость оксидных покрытий выше, чем у образца без покрытия.

На кривых коэффициентов трения покрытий наблюдаются зоны приработки трибосистемы, где трущиеся поверхности приспосабливаются друг к другу и сопровождаются высокой степенью изнашивания. Также видны стадии, которые характеризуются стабильными условиями трения и практически постоянной и относительно низкой интенсивностью изнашивания. Резкого изменения коэффициента трения, характерного для разрушения покрытия, не происходит. Оксидные покрытия не разрушаются и не истираются до основания.

Сравнительные данные по износостойкости покрытий в виде диаграммы приведены на рис. 5, на котором видно, что оксидные покрытия, полученные на сплаве ВТ5, отличаются высокой износостойкостью по сравнению с образцом без покрытия. Максимальная износостойкость наблюдается у оксидных покрытий, полученных в электролитах 2, 4, износостойкость увеличивается в 6 раз по сравнению с материалом без покрытия. При трибологических испытаниях происходит процесс приработки пары изделие/контртело, трущиеся поверхности приспосабливаются друг к другу. Затем наступает стадия установившегося износа, обладающая наибольшей продолжительностью. Она характеризуется стабильными условиями трения и практически постоянной и относительно низкой интенсивностью изнашивания. В ходе ее развития износ постепенно увеличивается, что сопровождается повреждениями поверхности.

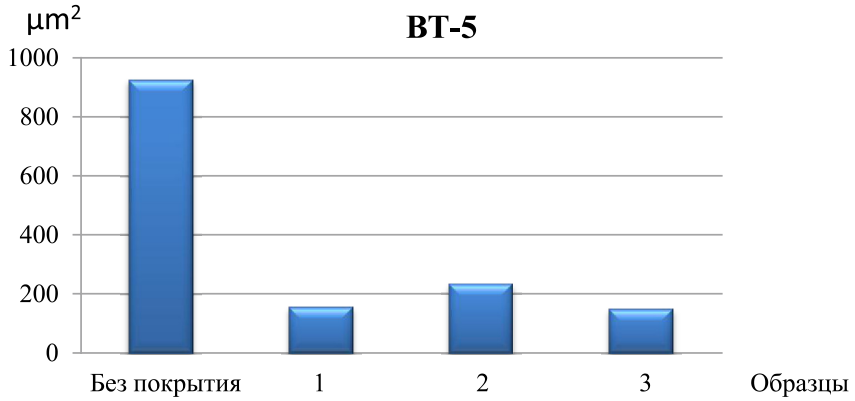


Рис. 5. Сравнительные данные по износостойкости: 1, 2, 3 – образцы ВТ5 с покрытием, полученные в электролитах 1, 2, 3

Также установлено, что введение в электролит метаванадата натрия позволяет получить на сплаве ВТ5 оксидные покрытия черного цвета.

В настоящее время в производстве востребованы покрытия черного цвета на титане, например на различных корпусах приборов, оптических приборах и др.

Выводы

Исследован процесс модифицирования поверхности титанового сплава ВТ5 в импульсном режиме. Импульсный режим позволяет получить плотные, равномерные, не требующие дополнительной шлифовки поверхности оксидные покрытия. Значения толщины покрытий составили 10–24,5 мкм.

Полученные покрытия отличаются высокой поверхностной микротвердостью.

Получено оксидное покрытие, поверхностная микротвердость которого составляет 790,2 HV при толщине покрытия 24,5 мкм. Данное покрытие сформировано в электролите содержащем фосфат, борат, фторид щелочного металла Увеличение по сравнению с образцом без покрытия составляет в 2 раза.

Исследования износостойкости оксидных покрытий показали значительное его увеличение по сравнению с образцом без покрытия. Оксидное покрытие, полученное в электролите № 2, увеличивает износостойкость в 6 раз по сравнению с образцом без покрытия.

Показано, что введение в электролит метаванадата натрия позволяет получить черные покрытия. Это обусловлено, видимо, внедрением в покрытие оксида ванадия, образующегося под воздействием высоких температур при микродуговом разряде.

В настоящее время в производстве востребованы покрытия черного цвета на титане. Данные черные покрытия необходимо получать на различных корпусах приборов, оптических приборах и др.

Работа выполнена в рамках гранта МОН РК Г.2018, № 0118РК00018, «Разработать композиционные многофункциональные покрытия на титане и его сплавах».

Список литературы

1. Shankar M.P., Sokkalingam R., Sivaprasad K., Veerappan Muthupandi. Effect of Electrolyte on Micro Arc Oxidation Coating of Al-2014 Alloy. Advanced Materials Research. 2018. Vol. 1148. P. 159–164. DOI: 10.7569/raa.2017.097303.

2. Kumar V., Bhowmik, Shantanu. Plasma Processing of Aluminum Alloys to Promote Adhesion: A Critical Review. Reviews of Adhesion and Adhesives. 2017. Vol. 5. № 1. P. 79–104. DOI: 10.7569/raa.2017.097303.

3. Mamaev A.I., Mamaeva V.A., Kolenchin N.F., Chubenko A.K., Koval`skaya Y.B., Konstantinova T.A., Dolgova Y.N., Beleckaya E.Y. Regularities of filamentary channels formation during formation of nanostructured non-metallic inorganic coatings in microplasma galvanostatic mode in solutions // Russian Physics Journal. 2016. Vol. 58. № 12. P. 1720–1725. DOI: 10.1007/s11182-016-0707-x.

4. Михеев А.Е., Гирн А.В., Орлова Д.В., Вахтеев Е.В., Трушкина Т.В. Влияние технологических параметров на элементный состав микродугового оксидирования покрытий на алюминиевых и титановых сплавах // Вестник Сибирского государственного аэрокосмического университета имени академика М.Ф. Решетнева. 2012. № 4 (44). С. 168–172.

5. Opra D.P., Gnedenkov S.V., Sinebryukhov S.L., Kuryavyi V.G. Electrochemical performances of nanostructured anatase TiO, synthesized by pulsed high-voltage discharge. Non-Ferous Metals. 2016. T.40. № 1. P. 16–19.

6. Rudnev V.S., Vaganov-Vil'kins A.A., Nedozorov P.M. Characteristics of Plasma-Electrolytic Oxide Coatings Formed on Aluminum and Titanium in Electrolytes with Siloxane Acrylate and Particles of Vanadium, Boron, and Aluminum Oxides. Russian Journal of Applied Chemistry. 2018. Vol. 91. Issue 6. P. 942–947. DOI: 10.1134/S1070427218060101.

7. Мамаев А.И., Рамазанова Ж.М., Бутягин П.И. Диффузионная модель образования градиентных оксидных покрытий в микроплазменном режиме // Физика и химия обработки материалов. 2002. № 3. С.18–22.

8. Ramazanova Zh.M., Kirgizbayeva K.Zh., Akhmedyanov A.U., Jaxymbetova M.A., Yergaliyev D., Zhakupova A., Abdirashev O. Influence of the process of microplasma treatment in electrolyte solutions on the oxide coating properties. International Journal of Mechanical Engineering and Technology. 2018. Vol. 9. Issue 12. P. 709–721.

УДК 303.732.4:664

СИСТЕМНЫЙ АНАЛИЗ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ И ЗАМЕНЫ ОБОРУДОВАНИЯ НА ЗАВОДЕ ПО ПРОИЗВОДСТВУ CO_2-ЭКСТРАКТОВ

[1]Силинская С.М., [1]Нарыжная Н.Ю., [2]Касьянов Г.И.

[1]Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации, Краснодарский филиал, Краснодар, e-mail: silinskaya1@mail.ru;

[2]Кубанский государственный технологический университет, Краснодар

Статья посвящена использованию средств системного анализа для управления процессом совершенствования технологических систем экстракционного предприятия. Рассмотрены вопросы получения экстрактов с помощью жидкого и сверхкритического, флюидного диоксида углерода. Авторами предложены технические решения по выявлению узких мест, позволяющие усовершенствовать имеющиеся на заводе по производству экстрактов производственное оборудование и дистанционно корректировать ход технологического процесса. Экспериментальной базой для апробации предлагаемой авторами системы оперативного управления производством выбран завод по производству CO_2-экстрактов из растительного сырья, принадлежащий ООО «Компания Караван». К результатам исследования относится достижение конкурентных преимуществ в производстве и реализации экстрактов из пряно-ароматического растительного сырья за счет оптимального управления производственными процессами с позиций системного анализа. Проблема совершенствования установленного на предприятии морально устаревшего технологического оборудования решается с помощью приобретения, освоения и внедрения объектов интеллектуальной собственности. Задачи переоснащения основных участков экстракционного оборудования потребовали повышения информационных требований ко всем звеньям управленческого аппарата. Информационная поддержка сотрудников всех уровней управления производством обеспечивается методами системного подхода и методологией получения оперативной достоверной информации о ходе всех этапов технологического процесса. Математическая модель системного анализа действующего экстракционного предприятия состоит из этапов создания проекта целевой концепции, перспектив развития предприятия и реализации готовой продукции в обособленной нише рынка. Эти фазы не проходят жестко, а рассматриваются как итерационный процесс с обратной связью и проверкой взаимодействий. Системный анализ инновационной деятельности завода базируется на четырех факторах: стратегии и дорожной карты, модели управления и компетенции сотрудников.

Ключевые слова: системный подход, производственные процессы, информационная база данных, экстракционные технологии

SYSTEM ANALYSIS OF MANAGEMENT OF PROCESS OF IMPROVEMENT OF TECHNOLOGY AND REPLACEMENT OF EQUIPMENT AT THE MANUFACTURING PLANT CO_2-EXTRACTS

[1]Silinskaya S.M., [1]Naryzhnaya N.Yu., [2]Kasyanov G.I.

[1]Financial University under the Government of the Russian Federation, Krasnodar branch, Krasnodar, e-mail: silinskaya1@mail.ru;

[2]Kuban State Technological University, Krasnodar

The article is devoted to the use of system analysis tools to control the process of improving the technological systems of the extraction enterprise. The problems of obtaining extracts using liquid and supercritical, fluid carbon dioxide are considered. The authors propose technical solutions to identify bottlenecks, allowing to improve the production equipment available at the plant for the production of extracts and remotely adjust the course of the technological process. The plant for the production of CO2 extracts from plant raw materials, owned by LLC «Company Karavan», was chosen as an experimental base for testing the proposed system of operational production management. The results of the study include the achievement of competitive advantages in the production and sale of extracts from spicy and aromatic plant raw materials through optimal management of production processes from the standpoint of system analysis. The problem of improvement of the morally outdated technological equipment installed at the enterprise is solved by means of acquisition, development and introduction of intellectual property objects. The tasks of re-equipment of the main sections of the extraction equipment required an increase in information requirements for all levels of the administrative apparatus. Information support of employees at all levels of production management is provided by the methods of a systematic approach and methodology for obtaining timely reliable information about the progress of all stages of the process. The mathematical model of the system analysis of the operating extraction enterprise consists of stages of creation of the project of the target concept, prospects of development of the enterprise and realization of finished goods in the separate niche of the market. These phases do not pass rigidly, but are considered as an iterative process with feedback and verification of interactions. The system analysis of innovative activity of the plant is based on four factors: strategy and road map, management model and competence of employees.

Keywords: system approach, production processes, information database, extraction technologies

Управление перерабатывающим предприятием заключается в принятии решений, связанных с производственными процессами, что в результате производится пищевой продукт или пищевая добавка согласно спецификации, в востребованном количестве и при минимальных затратах. Управление производством включает также

принятие решений относительно качества, количества и затрат на производство.

Несмотря на общую схему управления производством, все различия имеют один и тот же универсальный мотив – освоить ключевые факторы успешного бизнеса (стоимость, качество, продолжительность, изобретательство). Действующие в стране экстракционные предприятия, использующие в качестве растворителя жидкий диоксид углерода, требуют масштабной реконструкции и технического перевооружения. Актуальность выполненного исследования подтверждается тем обстоятельством, что современное экстракционное производство должно работать в непрерывном трехсменном режиме и иметь для этого достаточный запас растворителя и растительного сырья.

К объектам исследования настоящей работы относится использование механизма системного анализа для контроля и совершенствованию деятельности экстракционного предприятия. Предметом исследований является применение элементов системного анализа для управления процессом производства CO_2-экстрактов и модернизации оборудования на экстракционном заводе.

Развитие инновационной деятельности поможет предприятию справиться с проблемами технико-технологического обновления и переходу на новый научно-технический уровень производства. Такая техническая политика позволяет использовать новые решения в области науки, техники и технологии.

В работах М.С. Агафоновой и соавторов даны предложения по совершенствованию и стабилизации экономической деятельности предприятия [1, 2]. Авторы предлагают применить для совершенствования производственных процессов механизмы экономического стимулирования. Как отмечают Л.С. Звягин, М.Н. Ивлиев и В.Н. Лиманская, исследование технических объектов предприятия должно основываться на методике экспертных систем [3, 4]. Эффективное моделирование процессов экстракционного предприятия и управление качеством экстрактов возможно с использованием теории системного анализа [5–7]. Ряд авторов рассматривают вопросы математического моделирования качества продукции в зависимости от скорости массопереноса в используемом оборудовании [8–10].

Специалисты Воронежского государственного университета инженерных технологий анализируют специфику российского менеджмента с позиций развития агропромышленного комплекса [11, 12]. Авторы Daneshjo Naqib, Cristian Dan Stratyinski и Mohamed Ali M. из Словакии связывают вопросы управления производством с позиций эффективности бизнеса, при оптимальном использовании мощностей предприятия, оперативному принятию решений по качеству, количеству и затратам на выпуск продукции [13].

Таким образом, краткий обзор научно-технической литературы по изучаемой проблеме показал сложность и многообразие задач системного анализа по управлению процессом совершенствования технологии и оборудования на предприятиях по переработке сельскохозяйственного сырья.

Цель исследования: использование возможностей системного анализа для управления процессом совершенствования технологии и замены оборудования на заводе по производству CO_2-экстрактов.

Материалы и методы исследования

В организационную структуру экстракционного завода, кроме основного предприятия, входят подготовительные участки предприятия и отделение готовой продукции. Система управления может динамично изменяться и способна к адаптации изменяющихся условий внешней и внутренней среды.

Результаты исследования и их обсуждение

Исследуемой компанией является частный завод по производству CO_2-экстрактов из растительного сырья, принадлежащий ООО «Компания Караван» и расположенный в поселке Белозерный г. Краснодара [5]. Предложенные нами ранее целевые и упрощенные бизнес-модели предприятия действуют в рамках системного анализа с помощью определенных методов моделирования [6]. Созданная модель считается частью информационной системы с представлением всей необходимой информации для организации и разработки систем приложений.

Для этого процесса в контексте экономической информатики имеются типы моделей, которые определяют конкретные соглашения по моделируемым специальным элементам и их взаимосвязи по моделированию определенных режимов обработки сырья и рецептур продуктов. Таким образом, с помощью отдельных модельных видов могут быть документированы события и их последствия, потоки управления или связи между видами деятельности. При моделировании сначала используются полуформальные методы описания с низким и средним уровнем детализации. Затем они преобразуются в формализованные модели, которые затем являются отправной точкой для технических концепций внедрения.



Рис. 1. Этапы системного анализа

Модель процедур анализа системы

В процессе системного анализа на основе бизнес-проблем на основе фактических моделей и другой информации об экстракционном заводе, регистрируется и анализируется фактическое состояние компании, и из него создается специализированная концепция в смысле предложения об интервенции и, при необходимости, указывается через (целевые) модели. Для такого процесса системного анализа мы использовали методическую модель системного анализа, с хронологическим и логическим порядком задач. Она содержит информацию о целях отдельных видов деятельности и применяемых методах. При этом системный анализ на предприятии организуется и проводится как проект.

Методическая модель системного анализа состоит из этапов создания проекта целевой концепции, развития предприятии и реализации готовых экстрактов. Эти фазы не проходят жестко, а рассматриваются как итерационный процесс с обратной связью и проверкой взаимодействий. Эвристический подход, в отличие от аналитических методов решения, предполагает плановые эксперименты, с целью нахождения более благоприятного решения рассматриваемой проблемы.

В системном анализе нужны модели для документирования текущего состояния и возможных изменений хода технологического процесса и анализа востребованности выпускаемой продукции.

Первый этап процедуры – создание проекта, включает в себя все действия по инициализации проекта. Основной задачей этого этапа является анализ цели, разграничение изучаемой системы, планирование проекта относительно необходимых ресурсов, затрат и результатов, а также рассмотрение нормативных документов.

Второй этап системного анализа состоит из просмотра фактической документации и анализа потенциалов, который включает в себя количественный и качественный учет фактического состояния разграниченной системы с учетом цели исследования.

На рис. 1 показаны этапы системного анализа, разграниченные с учетом цели исследования.

Задачи исследования направлены на учет целей, структур, элементов, формальных и неформальных процессов, рабочих процессов, деятельности, потребностей в информации, тенденций в области развития и требований к системе в соответствии с целевым положением системного анализа. При этом, как правило, используется метод инвентаризации (изучение существующих документов), метод интервью, метод анкетирования или метод отчетности.

Развитие экстракционного предприятия, с позиций системного анализа методически относится к оперативной коррекции плана управления изменениями.

На таком наукоемком предприятии, как завод по производству CO_2-экстрактов, многое зависит от слаженной работы управляющего и обслуживающего персонала.

Основными обязанностями управленческого аппарата экстракционного предприятия является мобилизация сотрудников на выполнение плановых заданий. Фактическая документация в методической модели системного анализа основана на написании для фиксации и формализации собранного фактического состояния деятельности экс-

тракционного завода за прошедший период. Несмотря на то, что регистрация должна обеспечивать объективный взгляд на компанию, фактическая документация, тем не менее, оказывает влияние на нее, что в зависимости от выбранной цели исследования различные методы обследования лучше или хуже подходят для сбора необходимой информации. Нецелесообразно, на наш взгляд, выполнять запись в реальном времени, зафиксированную уязвимостью, так как в этом случае не происходит беспристрастной записи в систему.

В ходе анализа потенциала собранные факты критически анализируются с целью выявления и обоснования потенциалов. Они классифицируются в организационные, информационные, технические и другие потенциалы.

На следующем этапе определяется одна или несколько альтернативных концепций, которые должны улучшить выявленное реальное состояние и устранить выявленный потенциал. Основным направлением этого этапа является проектирование или планирование мероприятий, начатых в фазе реализации и в фазе внедрения на предприятии. Меры подразделяются на организационные, технические и мотивации действий. На этапе реализации сначала принимается решение между собственной разработкой или внедрением патентов на изобретения и стандартного программного обеспечения. Для разработки программного обеспечения используются специальные методы разработки программного обеспечения, в зависимости от объема, в том числе в рамках собственного проекта разработки программного обеспечения. После реализации изменений системный анализ будет завершен. По возможности, через некоторое время следует проверить, действительно ли введенные изменения были приняты на практике. Это также выгодно, если сотрудники могут дать дальнейшие предложения по улучшению из повседневной работы. Это может привести к дальнейшему постоянному совершенствованию или, при необходимости, к повторному анализу системы.

Проанализируем состояние технической базы Краснодарского завода по производству CO_2-экстрактов. Основным видом оборудования на этом предприятии являются экстракционные установки, где в качестве растворителя используется диоксид углерода в докритическом состоянии ($t_{крит.} \leq 31{,}1$ °С и давление $P_{крит.} \leq 7{,}3$ МПа).

На рис. 2 показана последовательность соединения устройств в схеме экстракционной установки.

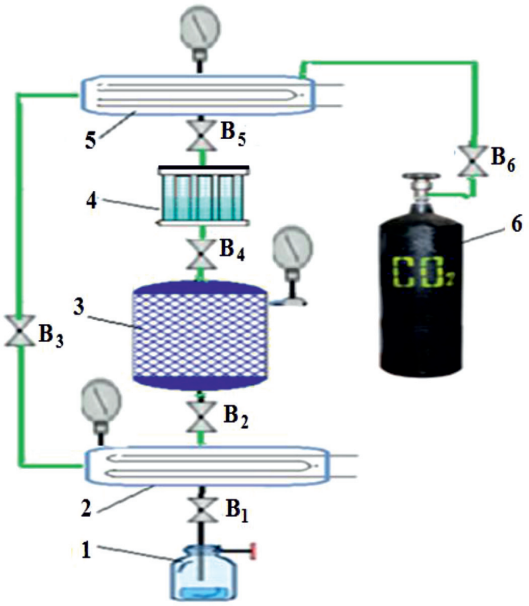


Рис. 2. Поточная схема CO_2-экстракционной установки: 1 – приемная емкость для экстракта, 2 – теплообменник-испаритель, 3 – экстрактор, 4 – емкость для жидкого растворителя, 5 – теплообменник-конденсатор, 6 – баллон с CO_2, B_1 – B_6 – вентили

Это наиболее технологичный вид оборудования для производства экстрактов при температуре 18–26 °С и давлении до 6,4…6,7 МПа.

Переход на освоение высоких технологий связан с извлечением ценных компонентов из растительного сырья в сверхкритическом режиме, при котором появляется возможность извлекать из сырья большее количество экстрактивных веществ. Для обучения персонала завода новым технологическим приемам авторы участвовали в программе их переподготовки. На рис. 3 приведена схема для сверхкритического экстрагирования компонентов из сырья.

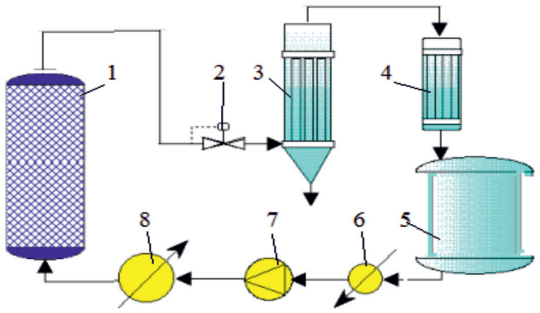


Рис. 3. Схема установки для сверхкритического экстрагирования: 1 – экстрактор, 2 – редуктор, 3 – сепаратор, 4 – конденсатор, 5 – сборник диоксида углерода, 6, 8 – теплообменники, 7 – насос высокого давления

Предложения по совершенствованию управления экстракционным производством с позиций системного анализа

Вид предложения	Конечный результат
Определить стратегическую цель предприятия	Модернизировать управление и технологическую базу предприятия
Сформулировать перечень стратегических задач	Стратегия дорожной карты предприятия. Совершенствование модели управления экстракционным производством. Повышение уровня компетентности управленческого и обслуживающего персонала
Перечислить этапы технического переоснащения экстракционного предприятия	– Анализ текущего состояния техники производства; – текущее состояние технологии производства; – управленческие решения по технологическому обновлению завода; – анализ эффективности выбранных решений; – коррекция этапов стратегии в зависимости от конъюнктуры рынка
Эффективность технического переоснащения экстракционного предприятия	Оптимизация оперативного управления производством с использованием дорожного картирования; Автоматизация производственных процессов; Повышение выхода готовой продукции в 1,7–2,0 раза

Из данных рис. 3 следует, что благодаря изменению коммуникационных схем, возможно осуществить переход на выпуск сверхкритических экстрактов, позволяющих повысить выпуск продукции в 1,7–2,0 раза.

Процессы совмещенной до- и сверхкритической экстракции могут использоваться для получения ценных компонентов из широкого круга сельскохозяйственного сырья.

Системные мероприятия по совершенствованию управления экстракционным производством приведены в таблице.

Главным преимуществом CO_2-экстракции является возможность эффективно разделять жидкие гомогенные смеси. Полученные экстракты должны отвечать требованиям безопасности ТР ТС. Для гарантированного выпуска высококачественных экстрактов было необходимо усовершенствовать производственно-техническую базу экстракционного завода и повысить технический уровень производства.

В переданных на производство рекомендациях предусмотрено повышение производительности труда, снижение техногенной нагрузки на окружающую среду и повышение качества готовой продукции за счет разработки стандартов предприятия и модернизации экстракционного оборудования. Эффективность технологических систем предприятия, инженерно-административный менеджмент, качество и спрос экстрактов на рынке относятся к главным критериям эффективности производства.

Научная новизна предлагаемых авторами решений для переформатирования экстракционного завода ООО «Компания Караван» заключается в переходе на комбинированный способ извлечения веществ из сырья способами до- и сверхкритической экстракции. В результате выполнения теоретических и экспериментальных исследований установлено, что последовательное, препаративное извлечение из сырья сначала липофильных, а затем гидрофильных соединений позволяет существенно повысить эффективность переработки сырья и получать высоковостребованные в фармакологии и пищевой отрасли экстракты с повышенным содержанием каротиноидов и флавоноидов.

В конечном итоге технологию управления экстракционным предприятием можно охарактеризовать совокупностью процессов выбора, принятия и выполнения процессов, в которых присутствуют информационные, вычислительные, организационные и логические операции.

Выводы

К результатам исследования относится возможность достижения и поддержания конкурентных преимуществ в качественном составе CO_2-экстрактов из пряно-ароматического сырья, полученных на модернизированной экстракционной установке завода ООО «Компания Караван». Внедрение комплекса инновационных предложений потребовало от обслуживающего персонала профессиональных знаний и навыков, а также разработки адекватной информационной системы, связанной с качественной поддержкой объектов интеллектуальной собственности. Конкурентоспособность экстракционного завода рассматривается в статье как отражение стратегий, принятых в качестве средства адаптации к отечественным и зарубежным стандартам, по

которым предприятие осуществляло свою деятельность. С участием авторов разработана конкурентоспособная стратегия и создана соответствующая внутренняя структура завода по производству CO_2-экстрактов, позволяющая получать продукцию высокого качества. Важным специфическим аспектом для управления качеством экстрактов является использование диоксида углерода в до или сверхкритическом состоянии в качестве растворителя. Системный подход к управлению экстракционным производством проходит через постоянный поиск новых инструментов и систем обучения персонала завода новым технологическим приемам, которые улучшают качество процессов и услуг. Успешная реализация инновационной деятельности завода базируется на четырех факторах: стратегии и дорожной карты, модели управления и компетенции сотрудников.

Список литературы

1. Агафонова М.С., Торба Е.К., Морозова В.В. Совершенствование производственного процесса на предприятии // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2017. Т. 2. С. 447–450. [Электронный ресурс]. URL: http://e-koncept.ru/2017/570088.htm (дата обращения: 20.02.2019).

2. Агафонова М.С., Турищева Е.С. Механизм устойчивого развития экономики предприятия и его стабилизация // Научно-методический электронный журнал «Концепт». 2016. Т. 2. С. 421–425. [Электронный ресурс]. URL: http://e-koncept.ru/2016/46099 (дата обращения: 20.02.2019).

3. Звягин Л.С. Системный анализ как новое направление исследования процессов управления // Молодой ученый. 2014. № 3. С. 420–424. [Электронный ресурс]. URL https://moluch.ru/archive/62/9628/ (дата обращения: 20.02.2019).

4. Ивлиев М.Н., Лиманская В.Н. Перспективы использования методов теории экспертных систем при анализе технических объектов // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса: матер. Междун. научно-практ. конф. (г. Воронеж, 08–09 апреля 2015 г.). Воронеж, 2015. С. 45–46.

5. Касьянов Г.И., Мишкевич Э.Ю. Особенности экстракции ценных компонентов из эфиромасличного сырья сжиженным и сжатым диоксидом углерода // Научные труды КуБГТУ. 2019. № 1. 8 с.

6. Силинская С.М., Нарыжная Н.Ю., Ткаченко В.В. Методы и средства оценки эффективности технического оснащения системы CO_2-экстракции растительного сырья // Электронный журнал КубГАУ. 2017. 11 с.

7. Farid Chemat, Maryline Abert Vian, Giancarlo Cravotto Green Extraction of Natural Products: Concept and Principles. Int. J. Mol. Sci. 2012. № 13 (7). P. 8615–8627. DOI: 10.3390/ijms13078615.

8. Куцова А.Е., Глотова И.А., Сергиенко И.С. Математическое моделирование в прогнозировании изменения качества биологически активных продуктов // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса: матер. междун. научно-практ. конф. (г. Воронеж, 08–09 апреля 2015 г.). Воронеж, 2015. С. 114–118.

9. Соловьева М.Х. Методы эффективного управления процессом замены оборудования предприятия: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.13.01. Москва, 2008. 24 с.

10. Шавалеев Р.Р., Елизаров В.В., Елизаров Д.В. Математическое моделирование стационарного массопереноса в насадочных аппаратах // Вестник Казанского технологического университета. 2017. Т. 20. № 5. С. 109–111.

11. Юшкина А.В., Квашнин Б.Н. Реализация концепции постоянного улучшения // Системный анализ и моделирование процессов управления качеством в инновационном развитии агропромышленного комплекса: матер. междун. научно-практ. конф. (г. Воронеж, 08–09 апреля 2015 г.). Воронеж, 2015. С. 61–66.

12. Лихачева Т.Г., Агафонова М.С., Родионова Н.С. Специфика российского менеджмента // Международный студенческий научный вестник. 2015. № 4–2. С. 214–215.

13. Daneshjo Naqib Cristian Dan Stratyinski Mohamed Ali M. Eldojali: Business logistics. In: International journal of interdisciplinarity in theory and practice (itpb). 2013. № 2.

УДК 004.021:004.738.5

РАЗРАБОТКА ФОРМАЛЬНО-АЛГОРИТМИЧЕСКИХ СРЕДСТВ АНАЛИЗА НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ И ПОВЕДЕНЧЕСКИХ ДАННЫХ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ДЕСТРУКТИВНОСТИ ПОВЕДЕНИЯ ИСПЫТУЕМЫХ ПРИ ВЗАИМОДЕЙСТВИИ С ИНТЕРНЕТ-ПРОСТРАНСТВОМ

Ситникова М.А., Афонин А.Н., Путивцева Н.П., Зайцева Т.В., Асадуллаев Р.Г., Рыжкова Ю.П., Давлетчурин К.Х., Рудофилова М.А., Мышеловка Л.В.

ФГАОУ ВО «Белгородский государственный национальный исследовательский университет», Белгород, e-mail: afonin@bsu.edu.ru

Проблема категоризации поведения активных интернет-пользователей на современном этапе развития общества в мире является актуальной, но труднодостижимой. В данном исследовании была предложена методика отнесения пользователя на основе анализа его поведения в интернете к одному из заранее определенных классов. Методика включает оригинальный алгоритм отнесения деструктивности поведения пользователя к одному из пяти классов: адаптивное поведение, условно адаптивное поведение, злоупотребление интернетом, условно дезадаптивное поведение и зависимое деструктивное поведение. Для принятия решений об отнесении испытуемого в один из классов был использован аппарат многокритериального оценивания, позволивший вычислить относительную важность психологических методик в комплексной диагностике на определение принадлежности испытуемого к одному из возможных классов поведения и ввести единый интегральный показатель степени деструктивности поведения. Проведенная апробация методики выявила ее несовершенство в ряде случаев, которые было решено признать пограничными. Авторами предлагаются следующие пути совершенствования предложенной методики: корректировка предложенного алгоритма классификации путем наложения дополнительных пороговых условий на степень расхождения эмпирических результатов тестирования от ближайших по значениям «граничных» классов для принятия решений, к какому из классов следует отнести в таком случае испытуемого; проведение анализа с учетом разного вида интернет-контента и способов его предъявления испытуемым; повышение степени репрезентативности исследования за счет включения в анализ такого фактора, как анализ нейрокогнитивных данных испытуемых.

Ключевые слова: деструктивность поведения, интернет-пространство, психологические методики, многокритериальное оценивание, классы поведения, интегральный показатель

DEVELOPMENT OF FORMAL AND ALGORITHMIC METHODS FOR ANALYSIS OF NEUROPHISIOLOGICAL DATA AND PSYCHOLOGICAL CHARACTERISTICS FOR THE ASSESSMENT OF THE DEGREE OF DESTRUCTIVE BEHAVIOR OF ACTIVE INTERNET USERS

Sitnikova M.A., Afonin A.N., Putivtseva N.P., Zaytseva T.V., Asadullaev R.G., Ryzhkova Yu.P., Davletchurin K.Kh., Rudofilova M.A., Myshelovka L.V.

Federal State Autonomous Educational Institution of Higher Education Belgorod Research University, Belgorod, e-mail: afonin@bsu.edu.ru

The problem of categorization of Internet users' is considered relevant but difficult to achieve. This research introduces a technique of assigning the subject to one of suggested groups according to the analysis of Internet users' behavior. Modified decision-making technique that is aimed at obtaining complex portraits of Internet users includes an original algorithm of how to attribute the destructive behavior of Internet users to one of five groups: adaptive behavior, conventionally adaptive behavior, Internet overindulgence, conventionally maladaptive behavior, and destructive behavior. A multi-criteria assessment was used to consider how important various psychological techniques in a complex diagnostic of assigning the subject to one of these groups of Internet users, and to introduce a unified integral indicator of destructive behavior. The approbation of the technique revealed the shortcomings in analyzing some subjects, that was considered as conterminal. Among the possible ways of improving the proposed methodology: adjustment of the proposed technique: adjustment of the proposed algorithm in classifying the subjects by applying an additional threshold to the degree of deviation from the closest conterminal groups according to practical results in order to make a decision in what group a subject should be included in this case; including in the analysis such a criterion as various types of Internet-content and different ways of introducing them to subjects; including the analysis of neurocognitive data of subjects while they perceive Internet-content.

Keywords: destructive behavior, Internet, psychological methods, multi-criteria assessment, categories of behavior, integral indicator

Последние два десятилетия ознаменовались повсеместным распространением интернета как в профессиональной, так и обыденной жизни десятков миллионов людей. Наряду с безусловной пользой и преимуществами интернета, в обществе сегодня актуальна проблема патологического использования интернета, которая приводит к деструктивному поведению и рассматривается как одна из форм аддиктивного по-

ведения [1, 2]. Среди факторов, играющих ключевую роль в развитии деструктивного поведения человека при взаимодействии с интернет-пространством выделяют депрессию, социальную тревожность и зависимость от мнения окружающих, подверженность стрессам, импульсивность, застенчивость, одиночество и недостаток социальной поддержки, отсутствие целеустремленности, низкую самооценку, низкий уровень самосознания, генетическую предрасположенность [3].

На современном этапе развития науки и практики изучение проблемы воздействия интернета на человека преимущественно проводится на поведенческом уровне с применением опросных методик на выявление интернет-аддикции. Данные о нейрокогнитивных особенностях у интернет-пользователей при чрезмерном, неадекватном, патологическом использовании интернета, свидетельствуют о функциональных изменениях в корковых и подкорковых областях головного мозга вследствие нарушений эмоционального, волевого и когнитивного контроля [4]. Все это говорит о необходимости системного изучения возможных вариантов взаимодействия человека с Интернет-пространством и выявления как поведенческих, так и нейрокогнитивных показателей, которые позволят определить наличие или отсутствие деструктивных тенденций у человека при использовании Интернет-контента. Кроме того, большинство существующих методов прогнозирования не позволяют осуществить прогноз многомерных данных с учетом всей совокупности корреляционных связей между ними. Тогда как учет корреляции в значениях показателей позволяет существенно улучшить качество прогнозных моделей и повысить достоверность проводимого анализа. Ввиду сложности задачи оценки влияния интернет-пространства на поведение пользователей и неоднозначности получаемых при проведении подобных исследований результатов, для определения степени деструктивности поведения испытуемых при взаимодействии с интернет-пространством необходимо применение современных информационных технологий анализа данных.

Цель исследования на данном этапе исследования заключалась в разработке формально-алгоритмических средств для повышения степени обоснованности применения критериев, характеризующих конструктивное/деструктивное поведение людей при взаимодействии с интернет-пространством за счет экспертного оценивания значимости предложенных критериев в оценке деструктивности поведения испытуемых, которая позволит на основе рассчитываемого единого интегрального показателя уровня дезадаптивности поведения отнести испытуемого к одному из выделенных классов поведения испытуемых при взаимодействии с интернет-контентом.

Материалы и методы исследования

В качестве объекта исследования были выбраны студенты (20 человек, обучающиеся 1–2 курсов, средний возраст 18,4), так как подростки и студенты по данным исследователей относятся к одной из самых уязвимых для развития деструктивности поведения при взаимодействии с интернет-пространством групп населения [1]. Для эмпирического изучения возможных вариантов поведения испытуемых в рамках континуума от адаптивного и функционально-конструктивного до дезадаптивного, функционального-деструктивного и/или зависимого при использовании интернет-пространства применялись следующие опросники: тест на определение интернет-зависимости Чена (Chen Internet Addiction Scale) в адаптации В.Л. Малыгина, К.А. Феклисова; тест Кимберли – Янга на интернет-зависимость (Internet Addiction Scale, IAS) в адаптации В.А. Лоскутовой; тест на определение тревожности Спилбергера – Ханина (шкала личностной тревожности) в адаптации Ю.Л. Ханина; шкала социального избегания и дистресса (SADS) в адаптации В.В. Красновой, А.Б. Холмогоровой; шкала депрессии Бека (Beck Depression Inventory); шкала психологического стресса PSM 25 в адаптации Н.Е. Водопьяновой; шкала импульсивности Барратта (The Barratt Impulsiveness Scale, BIS-11).

Для сравнения важности критериев, используемых при оценке степени дезадаптивности поведения испытуемых, были сформированы две группы экспертов, (18 экспертов-психологов и 18 экспертов в сфере ИКТ), которые оценили предложенные критерии по степени их значимости с помощью матрицы парных сравнений (МПС), используя шкалу Томаса Саати [5–8]. Предлагаемые экспертные оценки критериев позволили скорректировать данные психологической диагностики и определить, к какой из 5 групп в рамках континуума относится каждый испытуемый [9].

Сначала применялась иерархическая декомпозиция проблемы «сверху – вниз», затем сравнительная оценка важности элементов иерархической структуры по отношению к вышележащему уровню на основе унифицированной шкалы [10].

Набор матриц парных сравнений элементов H_i и H_j любого иерархического уровня $A^k = \|a_{ij}^k\|_{h\times h}$, $a_{ij}^k = s_i/s_j$, h – число сравниваемых базовых элементов, представляет собой *субъективную модель рационального выбора*, где предпочтительность элементов для ЛПР определяется как $H_i \succ H_j$, если $aijk > 1$; $H_i \approx H_j$, если $a_{ij}^k = 1$; $H_i \prec H_j$, если $a_{ij}^k < 1$. Такие бинарные отношения между элементами иерархии могут быть и нетранзитивными. Вычисление ценности (приоритета) вариантов осуществлялось путём агрегирования частных оценок элементов иерархической структуры «снизу – вверх», начиная с последнего (самого нижнего) уровня и кончая первым (самым верхним) уровнем.

Частная ценность варианта *Ai* по *q*-му критерию *Kq*

$$v_i^q = v^q(A_i) = c_i^q / \sum_{j=1}^{m} c_j^q ,$$

$$c_i^q = (\prod_{j=1}^{m} a_{ij}^q)^{1/m},\ a_{ij}^q = s_i^q / s_j^q,$$

относительная важность (вес) критерия K_q

$$w_q = w(K_q) = c_q^0 / \sum_{l=1}^{n} c_l^0 ,$$

$$c_q^0 = (\prod_{l=1}^{n} a_{ql}^0)^{1/n},\ a_{ij}^0 = s_i^0 / s_j^0,$$

общая ценность (приоритет) варианта A_i в виде аддитивной свертки вычисляется по следующей формуле:

$$v(A_i) = \sum_{q=1}^{n} w_q\ v^q(A_i) =$$

$$= w_1 v^1(A_i) + w_2 v^2(A_i) + \ldots + w_8 v^8(A_i).$$

Компонента вектора с наибольшим значением соответствует наиболее предпочтительному объекту среди сравниваемых.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате обработки МПС каждого эксперта с использованием метода анализа иерархий были рассчитаны векторы, отражающие «вклад» результатов каждого психологического теста в итоговое суждение о степени дезадаптивности поведения испытуемых. Для получения более обоснованных результатов экспертного опроса были получены результирующие веса психологических тестов по каждой группе опрошенных экспертов. Для получения результирующих весов было использовано среднее геометрическое соответствующих элементов МПС каждого эксперта и среднее арифметическое векторов приоритетов, рассчитанных на основе обработки МПС каждого эксперта (табл. 1, 2).

Показатель, отражающий интегральный уровень дезадаптивности поведения,

$$\text{УДП} = a_{ч} * Ч + a_{кя} * КЯ + a_{лт} * ЛТ + a_{сс} * СС +$$

$$+ a_{шд} * ШД + a_{пс} * ПС + a_{ши} * ШИ,$$

где a_q – коэффициент при соответствующей методике.

Для нахождения среднего геометрического для соответствующих элементов матриц парных сравнений экспертов использовалась следующая формула:

$$a_{ij\,гр} = \sqrt[n]{\prod_{k=1}^{n} a_{ij}^k},$$

где *i* – номер строки МПС;
j – номер столбца МПС;
k – номер эксперта;
n – количество привлеченных экспертов.

В табл. 1–2 представлены расчеты вектора приоритетов психологических методик, рассчитанных на основе усреднения суждений группы экспертов-психологов и группы экспертов в области ИКТ на основе расчета среднего геометрического соответствующих элементов МПС и среднего арифметического векторов приоритетов.

Таблица 1

Вектор приоритетов психологических методик группы экспертов в области ИКТ

усреднение мпс	Компоненты вектора приоритетов						
ср геом	0,3045	0,3045	0,0826	0,0826	0,0449	0,0897	0,0912
ср арифм	0,2980	0,295189	0,0772	0,0767	0,0468	0,1063	0,0997

Таблица 2

Вектор приоритетов психологических методик группы экспертов-психологов

усреднение мпс	Компоненты вектора приоритетов						
ср геом	0,2397	0,2397	0,1301	0,0706	0,1179	0,0951	0,1068
ср арифм	0,2291	0,2183	0,1385	0,0917	0,1128	0,0943	0,1154

Таблица 3

Расчет нормализованных значений градаций психологических тестов

Тест	Принятые значения	Нормализованные значения
тест Чена	27–104	0,02–1
тест Кимберли – Янга	20–100	0,02–1
показатели тревожности	20–50	0,04–1
SADS	4–30	0,02–1
шкала депрессии Бэка	4–62	0,01–1
PSM 25	50–180	0,01–1
Шкала импульсивности Баррата	50–100	0,02–1

Так как значения для разных тестов находятся в разных диапазонах, то необходимо нормализовать значения, приведя к сопоставимым единицам. Для нормализации значений тестов приведем каждый тест к единице путем деления текущего значения на максимальное значение данного теста (табл. 3). Для каждого класса были вычислены минимальные и максимальные значения интегрального показателя.

Далее также был разработан алгоритм определения особенностей поведения пользователей интернета (отнесение к одному из 5 классов в рамках континуума от адаптивного и функционально-конструктивного до дезадаптивного, функционального-деструктивного и/или зависимого при использовании интернет-пространства):

– Определение значения согласно каждому тесту.

– Приведение полученных значений к нормализованным значениям.

– Расчёт УДП.

– Проведение анализа.

– По найденному значению УДП определение принадлежности к одному из классов.

– В том случае, если невозможна однозначная отнесенность к какому-либо классу (пограничные значения), то проведение анализа по тестам Чена и Кимберли – Янга, как наиболее информативным.

Согласно приведенному алгоритму были проведены расчеты показателей, отражающих интегральный уровень дезадаптивности поведения, для выбранных респондентов. Анализ полученных результатов показал, что в семи случаях из двадцати алгоритм не дал однозначного вывода о принадлежности к определенному классу дезадаптивности, в том числе имела место ситуация, что испытуемые по тестам Чена и Кимберли – Янга, которые признаны определяющими, были отнесены к разным классам. В табл. 4 представлены данные вычислений для вышеописанных пограничных случаев.

Согласно проведенному анализу, предлагаемые методы обработки показывают практически одинаковые результаты, которые достаточно близки к тем оценкам, которые были даны экспертами. Все расхождения были в так называемых «пограничных» областях, поэтому необходимо дальнейшее исследование либо для более четкого разграничения классов, либо для выявления испытуемых, попадающих в данный интервал для повторного тестирования. Это может быть достигнуто корректировкой предложенного алгоритма классификации путем наложения дополнительных пороговых условий на степень расхождения эмпирических результатов тестирования от ближайших по значениям «граничных» классов для принятия решений, к какому из классов следует отнести в таком случае испытуемого либо проведением отдельных исследований по разным видам контента. Также на втором этапе исследования предполагается анализ нейрокогнитивных данных испытуемых в процессе взаимодействия с интернет-пространством и их учет в определении деструктивности поведения интернет-пользователей.

В ходе проведенного исследования адаптивное (конструктивное) поведения при использовании интернета выявлено у 5% респондентов. Такие испытуемые используют интернет для достижения конкретной цели, т.е. результата. Это может быть поиск конкретной информации, контакты и взаимодействие с определенным человеком, организация работы какого-либо подразделения и т.д., при этом они контролируют время, проведенное в интернете, предпочитают обычное общение в реальном мире.

Условно адаптивное поведение было выявлено у 10% респондентов. Для этих респондентов характерен минимальный риск возникновения интернет-зависимого поведения, у них наблюдались незначительные проблемы, связанные с увлечением интернетом. Как правило, они проводят много времени в интернете для решения задач реальной жизни. У таких респондентов наблюдался средний уровень тревожности, низкий уровень социальной тревожности, низкий уровень психической напряженности, отсутствуют депрессивные симптомы и патологическая импульсивность.

Поведение, характеризующееся злоупотреблением интернета, было выявлено у 15% респондентов. Такие респонденты имеют склонность возникновения интернет-зависимого поведения и проблемы, связанные с увлечением интернетом. Человек определяет самую подходящую для взаимодействия виртуальную реальность, он переносит в нее свою цель. Время сетевого общения резко возрастает. Увеличивается количество партнеров, интенсивность общения, темы для обсуждения в сети все больше удаляются от жизни в реальности. Общение в сети предпочитается обычному общению в реальном мире. Респонденты имеют средний или высокий уровень тревожности, средний или высокий уровень социальной тревожности.

Таблица 4

Сравнительные результаты отнесения испытуемых к классу дезадаптивности

	Эксперты	ИТ (геом)	П (геом)	П (арифм)
Испытуемый 2	1–2	1	1–2	1–2
Испытуемый 6	2–3	3	3	3
Испытуемый 13	3–4	4	4	4
Испытуемый 4	4	3	3	3
Испытуемый 19	5	4	4–5	5
Испытуемый 3	2	1–2	1–2	1–2
Испытуемый 15	3	3–4	3–4	3–4

Условно дезадаптивное поведение было выявлено у 20% респондентов. У них повышенная склонность возникновения интернет зависимого поведения, проявляются отдельные выраженные элементы интернет-зависимого паттерна поведения. Очень низкий или высокий уровень тревожности, негенерализованная социальная тревожность, возникает в определенных ситуациях общения и взаимодействия, характеризуется состоянием эмоционального дискомфорта, страха, опасения и беспокойства в отношении определенных социальных ситуаций и оценок, даваемых другими людьми.

Зависимое, деструктивное поведение было выявлено у 15% респондентов. Характерен устойчивый паттерн интернет-зависимого поведения. Происходит наращивание дозы, при которой время, проведенное в интернете, с каждым разом увеличивается; изменение формы поведения – при которой интернет-активность начинает подменять формы реальной жизни; синдром отмены – при котором появляется ухудшение общего самочувствия вне интернет-активности. Выявлены высокая личностная тревожность, которая может быть связана с неудовлетворенностью реальной жизнью, с наличием невротического конфликта, эмоциональными срывами.

Оставшиеся 35% респондентов согласно рассматриваемому алгоритму отнести к одному из классов не представляется возможным.

Заключение

В данном исследовании была предложена методика отнесения пользователя на основе анализа его поведения в интернете к одному из заранее определенных классов. Методика включает оригинальный алгоритм отнесения деструктивности поведения пользователя к одному из пяти классов: адаптивное поведение, условно адаптивное поведение, злоупотребление Интернетом, условно дезадаптивное поведение и зависимое деструктивное поведение, на основе расчета показателя, отражающего интегральный уровень дезадаптивности поведения испытуемых как линейной свертки значений результатов частных психологических методик с рассчитанными весовыми коэффициентами вклада каждой методики в анализ степени деструктивности поведения пользователей интернета. Методика в целом позволяет успешно классифицировать испытуемых по степени интернет-зависимости по результатам их тестирования.

Однако проведенная апробация методики выявила ее несовершенство, не позволившее получить однозначный результат в некоторых сложных пограничных случаях. Анализ полученных результатов показал необходимость проведения дальнейших исследований. Авторами предлагаются следующие пути совершенствования предложенной методики:

– корректировка предложенного алгоритма классификации путем наложения дополнительных пороговых условий на степень расхождения эмпирических результатов тестирования от ближайших по значениям «граничных» классов для принятия решений, к какому из классов следует отнести в таком случае испытуемого;

– проведение анализа с учетом разного вида интернет-контента и способов его предъявления испытуемым;

– повышение степени репрезентативности исследования за счет увеличения количества испытуемых в выборке и расширения ее половозрастного состава, а также включения в анализ такого фактора, как анализ нейрокогнитивных данных испытуемых.

Список литературы

1. Солдатова Г.В., Зотова Е.Ю., Чекалина А.И., Гостимская О.С. Пойманные одной сетью: социально-психологическое исследование представлений детей и взрослых об интернете / Под ред. Г.В. Солдатовой. М.: Фонд Развития Интернет, 2011. 176 с.

2. Davis S.A. A cognitive-behavioral model of pathological Internet use. Computers in Human Behavior. 2001. vol. 17. no. 2. P. 187–195.

3. Brand M., Young K.S., Laier C., Wölfling K., Potenza M.N. Integrating psychological and neurobiological considerations regarding the development and maintenance of specific Internet-use disorders: An Interaction of Person-Affect-Cognition-Execution (I-PACE) model. Neuroscience & Biobehavioral Reviews. 2016. P. 252–266.

4. Liu C.Y., Kuo F.Y. A study of Internet addiction through the lens of the interpersonal theory. Cyberpsychology Behavior. 2007. vol. 10(6). P. 799–804.

5. Путивцева Н.П., Пусная О.П., Игрунова С.В., Зайцева Т.В., Нестерова Е.В. Сравнительный анализ применения многокритериальных методов // Сетевой журнал «Научный результат». Серия «Информационные технологии». 2017. Т. 2. № 1 (1). С. 40–47.

6. Саати Т. Принятие решений. Метод анализа иерархий. М.: Радио и связь, 1989. 316 с.

7. Саати Т.Л. Относительное измерение и его обобщение в принятии решений. Почему парные сравнения являются ключевыми в математике для измерения неосязаемых факторов // Cloud Of Science. 2016. Т. 3. № 2. С. 171–262.

8. Колбин В.В. Математические методы коллективного принятия решений. М.: Лань, 2015. 254 с.

9. Асадуллаев Р.Г., Тюха А.С. Разработка алгоритма гиперсегментации пользователей интернет-ресурса: научно-методический журнал Academy. Иваново: Проблемы науки, 2018. Т. 2. № 6 (33). С. 9–13.

10. Ломакин В.В., Лифиренко М.В., Путивцева Н.П., Асадуллаев Р.Г. Методика снижения числа парных сравнений при использовании метода анализа иерархий // Информационные системы и технологии: научно-технический журнал. 2018. № 6 (110). С. 83–88.

УДК 697.329

О ПРОБЛЕМАХ ВОЗНИКНОВЕНИЯ ЛЕГИОНЕЛЛЫ И ДРУГИХ БАКТЕРИЙ В ИНДИВИДУАЛЬНЫХ И ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННЫХ СИСТЕМАХ ОТОПЛЕНИЯ И ГОРЯЧЕГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ КОМБИНИРОВАННЫХ ГЕЛИОСИСТЕМ

Торопов А.Л.

ООО « Инженерный центр «Апрель», Москва, e-mail: office@aprilgroup.ru

В статье рассмотрены вопросы возможности возникновения легионеллы и других бактерий при использовании индивидуальных и децентрализованных систем горячего водоснабжения и отопления, применительно к комбинированным гелиосистемам. Выявлено, что при наличии нормативных документов и реального их соблюдения для профилактики легионеллёза при эксплуатации городских коммунальных систем, для частных домов малой этажности данные требования отсутствуют. Все вопросы приобретения и установки указанных систем решаются самим владельцем помещения, который исходит, в большинстве случаев, из условий минимизации затрат. По данным Европейского центра по профилактике контроля за заболеваниями, именно системы подготовки воды составляют 62% причин заболевания легионеллёзом. В статье описаны причины возникновения данной болезни и методы ее устранения, перечислены технические устройства и способы решения проблемы. Рекомендовано исключение застойных зон, установка систем управления с профилактической циркуляцией и прогревом, применение раздельных контуров зарядки и разрядки аккумуляторов, использование устройств быстрого нагрева проточной воды. Ставятся вопросы: о необходимости введения курса «Гигиеническое проектирование» систем подготовки ГВС и отопления» в вузах по специальности 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение»: о целесообразности обязательного проектирования систем подготовки горячей воды объектов малоэтажного строительства квалифицированными специалистами; об обязательном предоставлении проекта по отоплению и подготовке ГВС при вводе индивидуальных строений в эксплуатацию.

Ключевые слова: подготовка горячей воды, отопление, гелиосистема, легионеллёз, профилактика, гигиеническое проектирование

ON THE PROBLEMS OF LEGIONELLA AND OTHER BACTERIA IN INDIVIDUAL AND DECENTRALIZED HEATING SYSTEMS AND HOT WATER SUPPLY OF COMBINED HELIOSYSTEMS

Toropov A.L.

OOO «Engineering Center «April», Moscow, e-mail: office@aprilgroup.ru

The article discusses the possibility of the emergence of legionella and other bacteria when using individual and decentralized hot water supply and heating systems, as applied to combined heliosystems. It was revealed that with the presence of regulatory documents and their actual observance for the prevention of legionellosis in the operation of urban utility systems, these requirements are not available for private low-rise houses. All questions of the purchase and installation of these systems solves by the owner of the premises, which is based, in most cases, on the conditions of minimization of the costs. According to the European Centre for Disease Prevention and Control, it is the water treatment systems that make 62% of the causes of legionellosis. This article describes the causes of this disease and methods for its elimination, lists technical devices and ways to solve the problem. Recommended exclusion of stagnant zones, installation of control systems with preventive circulation and heating, the use of separate circuits for charging and discharging batteries, the use of devices for rapid heating of running water. Questions are posed: about the need to introduce a course «hygienic design of systems for preparing of hot water and heating» in universities in the specialty 05.23.03 «Heat supply, ventilation, air conditioning, gas supply and lighting»; about the advisability of mandatory design of hot water preparation systems for low-rise buildings by qualified specialists; about the obligatory provision of projects for preparation of hot water supply and heating at time of commissioning of private buildings.

Keywords: preparation of hot water, heating, heliosystem, legionellosis, prevention, hygienic design

Последние десятилетия в Российской Федерации развивается индивидуальное строительство. Летние дачи превращаются в дома круглогодичного использования, оборудованные системами отопления и водоснабжения. Многоэтажных домов с централизованными системами отопления и водоснабжения, по разным причинам, в процентном исчислении, становится меньше. Существует тенденция к поквартирному предоставлению данных услуг. Однако при индивидуальном строительстве вопросы соблюдения санитарных норм применяемых систем горячего водоснабжения практически не контролируются. Инцидент массового заражения легионеллёзом в Верхней Пышме Свердловской области в 2007 г. [1], возможно, был причиной появления нормативных материалов, определяющих правила и требования по обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения и профилактики легионел-

лёза [2–4]. Но эти правила распространяются на коммунальное хозяйство и нормы проектирования его систем.

Цель исследования: рекомендации при проектировании систем индивидуального водоснабжения и отопления и технические устройства, исключающие рост бактерий легионеллы.

Применительно к индивидуальному хозяйству таких норм нет, вернее, применение разработанных норм никем не контролируется и все мероприятия по проектированию и использованию индивидуальных систем отопления и горячего водоснабжения отдаются на откуп владельца зданий.

Важность мероприятий по исключению и минимизации вероятности возникновения условий размножения бактерий легионеллы и синегнойной палочки, как самых распространенных бактерий, возникающих в системах водоснабжения, многократно обсуждалась Европейским центром по профилактике контролю за заболеваниями [5, 6]. В ряде развитых стран Европы смертность от болезней, возбужденных данными бактериями, превышает смертность от автомобильных аварий. На рис. 1 представлена диаграмма причин вызвавших заболевание легионеллёзом [5], главной из которых являются системы подготовки горячей воды и отопления 62 %, а также, бассейны – 8 %, в 20 % случаев причина не известна.

На рис. 2 представлена диаграмма распределения легионеллёза, причем частота случаев увеличивается в зависимости от возраста (из-за снижения иммунитета) и показатели у мужчин в два-три раза хуже, чем у женщин.

Материалы и методы исследования

Системы отопления и горячего водоснабжения комбинированных гелиосистем индивидуальных домов состоит из [7, 8]:

– блока солнечных тепловых коллекторов плоского или трубчатого вакуумного типа,

– теплового аккумулятора емкостного типа или заполненного теплоаккумулирующим материалом с фазовым переходом,

– источника дополнительной энергии в виде нагревательного котла на твердом, жидком, газообразном топливе, электроэнергии,

– трубопроводов нагревательного контура и контура потребления,

– циркуляционных насосов и блоков управления,

– бойлера косвенного нагрева для подготовки горячей воды,

– отопительных приборов в виде системы «теплого пола», радиаторного типа, конвекторов,

– приборов потребления холодной и горячей воды в виде кранов, раковин, ванн, душа, унитазов, биде.

Условия размножения бактерий легионеллы в данных системах:

– температура интенсивного размножения 30–50 градусов,

– отсутствие движения воды и застойные зоны в узлах системы и трубопроводах.

– наличие шероховатой поверхности для комфортного возникновения поверхностной бактериальной пленки.

Путь заражения (душ, ванная, мытье рук):

– впитывание воздушно-капельной дисперсии (размер частиц <5 мкм),

– непосредственное впитывание через рот, дыхательные пути,

– контакт поврежденной кожи с зараженной водой (заражение бактериями синегнойной палочки).

Вторым видом бактерий, развитие которых возможно в системах горячего водоснабжения, является синегнойная палочка. По сравнению с легионеллой у этих бактерий есть отличия:

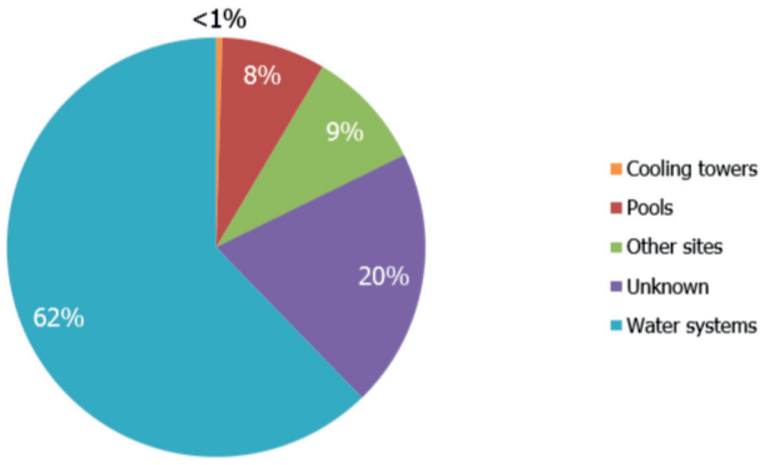


Рис. 1. Диаграмма распределения причин возникновения легионеллёза [5]

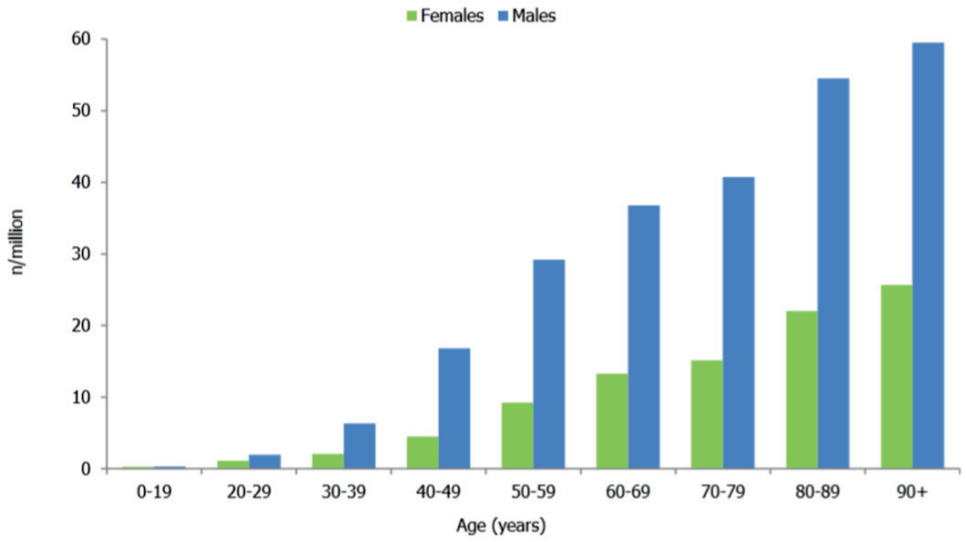


Рис. 2. Диаграмма распределения случаев легионеллёза в зависимости от возраста и пола [5]

– для легионеллы необходима исключительно водная среда, для синегнойной палочки необходимо наличие и воды и воздуха,

– температурные условия развития бактерии от 4 до 45 градусов Цельсия.

– путями распространения бактерий могут быть контакты между людьми и животными и прием пищи.

Результаты исследования и их обсуждение

К сожалению, и пути заражения и условия размножения бактерий присущи рассматриваемым системам водоснабжения. В индивидуальных системах нет постоянного потребления воды. Люди ездят на работу, отсутствуют часами, днями, даже неделями, уехав в отпуск или в командировки. Постоянной циркуляции воды нет, температура воды идеальна для размножения бактерий. Ситуация усугубляется тем, что при индивидуальном строительстве в вопросе систем подготовки горячей воды нет контрольных органов, принимающих объект при вводе в эксплуатацию. Проектирование данных систем не лицензируется, поскольку данные объекты относятся к малоэтажному индивидуальному строительству. Отсутствие требований и контроля приводит к тому, что решение о конструкции в подборе оборудования принимает собственник, не имеющий знаний в данной области. Финансирование при строительстве основывается на принципе максимальной экономии. В подавляющем большинстве случаев проектов систем водоснабжения и отопления при индивидуальном строительстве вообще нет.

Необходимо также отметить, что, если применительно к борьбе с легионеллой разработаны профилактические мероприятия, санитарные нормы и правила, то, по отношению к синегнойной палочке таких систематизированных документов нет.

Между тем существуют способы снижения вероятности распространения рассматриваемых бактерий и профилактика их возникновения, а также технические способы уничтожения бактерий и устройства, применения которых исключает распространение данных болезней.

Необходимо разъяснить потребителю наличие данной проблемы, обеспечить выполнение требований санитарных норм и правил при использовании индивидуальных систем водоснабжения, подготовить специалистов – проектировщиков данных систем. Весь этот комплекс мер можно назвать: «меры по внедрению “гигиенического” проектирования систем отопления и горячего водоснабжения для индивидуальных и децентрализованных систем».

Требования «гигиенического» проектирования:

– холодная вода должна поставляться при температуре ниже 20 градусов Цельсия,

– в качестве источника холодной воды, при отсутствии централизованного водоснабжения холодной водой, использовать скважины, колодцы. Не допускать заполнение скважин и колодцев грунтовыми водами. Исключить забор воды из открытых водных бассейнов;

– исключить (уменьшить) возможность возникновения застойных зон, обеспечить

циркуляцию воды в накопительных элементах систем отопления и горячего водоснабжени;

– накопительные емкости для потребления питьевой и санитарной воды должны быть либо с возможностью обновления воды раз в 3–4 часа, либо обеспечивающие периодический нагрев и выдерживание при температуре более 65 градусов Цельсия;

– обеспечить циркуляцию воды в трубопроводах и отсутствие в них тупиковых зон,

– осуществлять слив застойной воды перед применением;

– прогревать воду в системе горячего водоснабжения аккумулирующего типа выше температуры 65 градусов (в зонах, где исключена возможность ожогов кожи при случайном использовании);

– применять системы «мгновенной» подготовки горячей воды и проточные водонагреватели;

– использовать конструкционные материалы, уменьшающие возможность формирования поверхностных бактериальных пленок;

– применять алгоритмы и стратегии управления работой оборудования с циклами профилактического прогрева и циркуляции;

– применять механическую очистку воды высокого уровня (ультрафильтрация, обратный осмос) для уменьшения возможности роста и переноса бактерий. Соблюдать своевременную смену фильтрующих элементов;

– применять устройства обеззараживания воды.

Применительно к профилактике заражения синегнойной палочкой необходимо отметить, что местом наиболее вероятного скопления данных бактерий являются наконечники кранов смесителей раковин и душевых, а также места сливов стоков в канализацию. В этих местах есть и благоприятные температурные условия, и наличие воды и воздуха.

Надо уделить особенное внимание при проектировании оборудования для подготовки горячей воды в дошкольных учреждениях и яслях. По санитарным нормам температура горячей воды в таких учреждениях должна быть не выше 37 градусов Цельсия, а это самая комфортная температура для роста бактерий в застойных зонах.

Самым эффективным решением для исключения возникновения легионеллёза является применение принципа разделения контуров аккумулирования и потребления горячей воды и применение проточных пластинчатых теплообменников для «мгновенного» нагрева.

Распространенные в индивидуальном строительстве для подготовки горячей воды бойлеры косвенного нагрева, при постоянном использовании, целесообразно устанавливать на температуру выше 60 градусов Цельсия, а при долгом отсутствии обязательно прогревать перед использованием при указанной температуре более 2 часов. В электрических объемных накопителях (электробойлерах) постоянного пользования не рекомендуется устанавливать температуру отключения термостата ниже 65 градусов. При длительном периодическом отсутствии потребления горячей воды в таких системах применять программаторы (таймерные устройства), обеспечивающие перед предполагаемым потреблением горячей воды предварительный нагрев до температуры 65 градусов Цельсия и выдерживание данной температуры до потребления не менее двух часов.

Гидравлические аккумуляторы систем подготовки холодной воды целесообразно размещать в холодных помещениях с температурой не выше 20 градусов Цельсия или заменять их на системы автоматической подачи воды безаккумуляторного типа. В некоторых странах Евросоюза допускается применение гидроаккумуляторов холодной воды только проточного типа.

Для борьбы с распространением синегнойной палочки в рамках технической гигиены, следует применять химическую очистку поверхностей кранов смесителей хлоросодержащими чистящими средствами. Смесители раковин, душа и другая сантехническая арматура должны иметь разборную конструкцию излива и не содержать застойных зон. Материалы труб должны быть с гладкими непористыми поверхностями, препятствующими возникновению бактериальной пленки. Применять оборудование с автоматическим периодическим промывом с высокой скоростью движения воды и ополаскиванием.

В гелиосистемах тепловая солнечная энергия накапливается в тепловых аккумуляторах или непосредственно в бойлерах косвенного нагрева. При этом температура нагрева зависит от интенсивности солнечного излучения и может изменяться в широких диапазонах. При пасмурной погоде и отсутствии потребления горячей воды в системе возникают благоприятные условия для роста бактерий легионеллы. Для исключения этого явления необходимо повышать температуру в системе горячего водоснабжения с помощью дополнительного традиционного источника энергии в виде электрического нагревателя или котла на любом виде топлива. Но более предпочти-

тельным вариантом является гелиосистема, в которой контур накопления тепловой энергии полностью изолирован от контура подготовки горячей воды за счет применения пластинчатого теплообменника. Данное конструктивное исполнение полностью исключает вероятность роста бактерий легионеллы. Горячая вода подготавливается «мгновенно» на пластинчатом теплообменнике их холодной проточной воды и сразу поступает потребителю.

Выводы

При проектировании оборудования для индивидуальных и децентрализованных систем отопления и горячего водоснабжения необходимо учитывать требования, обозначенные в нормативных документах, касающихся профилактики легионеллёза [2–4].

Государственным органам целесообразно ввести требование о предоставлении проектов по системам подготовки горячей воды при регистрации индивидуальных строений, выполненных специализированными лицензированными организациями.

Есть конструктивные и элементные решения, позволяющие исключить или существенно снизить возможность роста бактерий, вызывающих легионеллёз в комбинированных высокоэффективных гелиосистемах отопления и ГВС. Наиболее эффективным средством является установка проточных пластинчатых теплообменников для подготовки горячей воды. При использовании водонагревателей накопительного типа необходимо устанавливать температуру нагрева не менее 60 градусов Цельсия или обеспечить потребление воды с обновлением полного объема за период не более 3–5 часов или выдерживать накопленную воду перед потреблением при температуре 65 градусов Цельсия не менее 2 часов. Необходимо исключить забор холодной воды из открытых водных источников и использовать воду только из скважин или колодцев глубиной не менее 4–5 метров.

При изучении вопросов проектирования систем отопления и горячего водоснабжения для малоэтажных домов целесообразно ввести курс «Гигиеническое проектирование» в высших учебных заведениях по специальности 05.23.03 «Теплоснабжение, вентиляция, кондиционирование воздуха, газоснабжение и освещение».

Список литературы

1. Зиянгирова Э. По делу о вспышке легионеллеза в Верхней Пышме предъявлены обвинения. // НАКАНУНЕ.RU [Электронный ресурс]. URL: https://www.nakanune.ru/news/2009/03/18/2150256 / (дата обращения: 05.04.2019).

2. СанПиН 2.1.4. 2496-09. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Гигиенические требования к обеспечению безопасности систем горячего водоснабжения: Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2009. 15 с.

3. СП 3.1.2.2626-10. Профилактика легионеллеза: Санитарно-эпидемиологические правила. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2010. 22 с.

4. МУК 4.2.2217 07. Выявление бактерий *Legionella pneumophila* в объектах окружающей среды: Методические указания. М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2007. 27 с.

5. ECDC SURVEILLANCE REPORT Legionnaires' disease in Europe 2012.// European Centre for Disease Prevention and Control [Электронный ресурс]. URL: https://ecdc.europa.eu/sites/portal/files/media/en/publications/Publications/legionnaires-disease-surveillance-2012.pdf/ (дата обращения: 05.04.2019).

6. Beauté Julien /Legionnaires' disease in Europe, 2011 to 2015. The National Center for Biotechnology Information [Электронный ресурс]. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5508329/ (дата обращения: 05.04.2019).

7. Торопов А.Л. Комбинированные тепловые гелиосистемы. Ч. 1. Тепловые солнечные коллекторы для индивидуальных и децентрализованных систем отопления и горячего водоснабжения: учебное пособие. 2019. 88 с. DOI: 10.17513/np.346.

8. Торопов А.Л. Комбинированные тепловые гелиосистемы. Ч. 2. Тепловые аккумуляторы, бойлеры косвенного нагрева индивидуальных и децентрализованных систем отопления и горячего водоснабжения: учебное пособие. 2019. 44 с. DOI: 10.17513/np.348.

УДК 624.016

СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ НА 3D ПРИНТЕРЕ С ВНУТРЕННИМ СИЛОВЫМ КАРКАСОМ ИЗ КАРБОНОВОГО ВОЛОКНА

Торопов А.Л.

ООО «Инженерный центр «Апрель», Москва, e-mail: office@aprilgroup.ru

В статье рассмотрены вопросы прочности пространственных конструкций, выполненных по аддитивным технологиям на 3D принтере. Представлен анализ зависимости прочности деталей от направления формирования структуры, плотности заполнения, диаметра сопла экструдера, скорости печатания и ряда других параметров. Представлены данные по испытаниям образцов деталей на разрушение для некоторых материалов. Выявлен большой разброс параметров прочности деталей и узлов, выполненных на 3D принтере и их противоречивость, в частности отсутствие зависимости монотонного повышения прочностных характеристик от прочности заполнения структуры. Описан способ возведения каркаса конструкций с использованием 3D принтеров с двумя экструдерами. Применены растворимые пластики для формирования структуры оболочки произвольного силового каркаса с последующим формированием внутреннего силового каркаса, армированного карбоновым волокном в виде нитей или рукавов. Способ защищен патентом РФ. Представлены результаты испытаний на разрушение деталей, выполненных по данной технологии. Технология формирования пространственных конструкций с произвольными структурами силовых каркасов применена в ряде узлов солнечных коллекторов и корпусов автомобилей. Даны некоторые рекомендации построения указанных структур. Описаны возможные направления применения разработанной технологии.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D принтер, каркас конструкций, карбоновое волокно, прочность

METHOD OF BUILDING OF CONSTRUCTIONS ON 3D PRINTER WITH INTERNAL POWER FRAMES MADE FROM CARBON FIBER

Toropov A.L.

OOO «Engineering Center «April», Moscow, e-mail: office@aprilgroup.ru

This article deals with the issues of strength of spatial constructions made with use of additive technologies on a 3D printer. This article includes analysis about the dependence of strength of parts from direction of formation of structure, filling density, extruder nozzle diameter, printing speed and several other parameters. Data are presented about testing of samples of parts for destruction for some materials. Identified a large variation in the strength parameters of parts and components made on a 3D printer and their inconsistency, in particular, the lack of dependence of monotonous increase in strength characteristics connected with the strength of filling of the structure. A framework construction method using 3D printers with two extruders is described. Soluble plastics are used for the formation of the arbitrary shell structure with further forming inner power frame with use of reinforced carbon fiber in the form of filaments or sleeves. This method is protected by Russian Federation patent. Presented the results of tests about the destruction of the parts made by this technology. The technology of forming of spatial constructions with structural elements of the power frames, is used in the nodes of solar collectors and car bodies. This article provides some guidance how to build such structures. The possible directions of application of the developed technology are described.

Keywords: additive technology, 3D printer, frame designs, carbon fiber, toughness

Аддитивные технологии находят все большее применение и являются одним из путей замены традиционных методов (литья, штамповки) изготовления сложных пространственных конструкций и деталей в совершенно разных областях промышленности. Запуск любого нового серийного изделия массового производства связан с изготовлением большого количества прессформ, стоимость которых велика и влияет на конечную стоимость товаров для потребителя. Кроме того, традиционные технологии требуют значительных сроков подготовки производства для ввода новой модели, развитой инфраструктуры предприятия и высокой квалификации персонала.

В настоящее время 3D принтеры широко применяются в изготовлении макетов, прототипов, моделей и практически не используются в массовом производстве. Это обусловлено недостаточным изучением прочностных свойств деталей и узлов, выполненных по данной технологии, при длительных механических и температурных нагрузках реальных условий эксплуатации.

Цель исследования: изучение прочностных свойств деталей, изготовленных по FDM технологии, и возможности ее применения для изделий массового производства.

При использовании FDM (моделирования методом наплавления) технологии печати деталей на 3D принтере, как наиболее массовой, важно исследование влияния как механических характеристик применяемых материалов, так и параметров пространственно-скоростного режима печатания, расположения печатающей головки и диаметр сопла экструдера, температурного режима печати. Это обусловлено тем, что прочностные характеристики деталей, уз-

лов и вопросы их старения при длительной эксплуатации в реальных условиях, зависят не только от прочностных характеристик и физико-механических свойств пластического материала, но и от агдезионного сцепления между волокнами структуры, напечатанной на 3D принтере.

Вопросы испытания на прочность деталей, изготовленных по FDM технологии, в том числе сравнение прочности исходного материала (нити) и переплавленного, изготовленной ячеистой структуры при разных направлениях приложенной нагрузки, представлены в работах [1–3], высокотемпературных FDM пластиков, в работе [4].

В работе [1] указано, что ожидаемого монотонного увеличения прочностных характеристик напечатанного образца при увеличении процента заполнения не происходит. В диапазоне заполнения 20–60% прочностные характеристики испытываемых деталей остаются практически постоянными. Рост характеристик прочности при плотности заполнения от 60 до 80% составил около 30%. Более того, имело место снижение прочности при 50-процентном заполнении испытываемого образца, которое авторы объяснили возрастанием концентраторов на единицу объема. Также отмечено, что агдезионная прочность материала ниже механической.

В работе [2] также отмечается незначительное изменение прочности испытываемых деталей на изгиб при заполнении 20–80% и снижение характеристик при заполнении в диапазоне 50–60%. С значительным ростом до 6 раз прочности на изгиб при 100% заполнении, при этом масса детали в 2,5 раз больше, чем при 20% заполнении.

Анализ литературы по изучению вопросов прочности деталей, напечатанных по FDM технологии, выявил большой разброс прочностных характеристик в зависимости от конфигурации деталей, пространственной ориентации структуры детали при ее изготовлении, диаметра и скорости перемещения сопла печатающей головки, величины заполнения, толщин стенок, направления укладки волокон, способах хранения исходных материалов и многих других факторов. Зафиксированы значительные отличия в определении прочностных параметров при математическом моделировании и фактическими испытаниями. Все это затрудняет использование данного способа изготовления в массовом и мелкосерийном производстве ответственных деталей и конструкций. Преимущества универсальности FDM технологии нивелируются неопределенностью поведения изготовленных изделий, особенно если рассматривается эксплуатация их длительное время при разных температурных и климатических условиях.

В последнее время появляются различные композитные материалы для использования на 3D принтере. Обзор некоторых из них представлен в работах [5, 6]. Инженерные филаменты, армируемые углеродным волокном, имеют более высокие прочностные характеристики. Но важен размер волокон, в противном случае данные добавки становятся декоративными присадками. Мелкодисперсный порошок из любого материала практически никак не влияет на прочность, а более длинные волокна повышают прочность, но при небольших диаметрах сопла печатающей головки использование длинных армирующих волокон проблематично. Кроме того, возникают дополнительные проблемы с подбором материала сопла головки экструдера, поскольку применение данных материалов имеет абразивный эффект и сильно влияет на срок службы сопел. За несколько часов непрерывной работы принтеров, диаметр сопла может увеличиться на 20–30%, что также влияет на стабильность механических свойств изготавливаемых конструкций.

Универсальность FDM технологии при изготовлении изделий произвольной формы большое преимущество, которое не хочется терять. В работе [7] предложен компромисс, который позволяет, с одной стороны, использовать все преимущества технологий, с другой стороны, дать конструкции стабильные прочностные характеристики, причем очень высокого порядка.

Суть изобретения заключается в способе возведения каркаса конструкций с использованием FDM технологии на 3D принтерах с двумя экструдерами. Первый материал предназначен для формирования внешней формы изделия, второй – для формирования внутренней структуры произвольного силового каркаса. В качестве второго материала 3D печати применяются растворимые пластики, к примеру PVA-пластик (Polyvinyl alcohol) или поливинилацетат, или другие, совместимые с основным материалом пластики. После растворения второго материала внутри изделия произвольной формы возникает пространственная пустотелая канальная структура, которая особым способом заполняется полноценными карбоновыми нитями или рукавами с последующим наполнением каналов твердеющим полимером. После окончательного затвердевания мы имеем легкую конструкцию произвольной формы, напечатанной на 3D принтере по FDM технологии, внутри которой находится силовой каркас из углепластика или стекловолокна.

Материалы и методы исследования

Для подтверждения идей, указанных в работе [7], а также для проверки влияния некоторых процессов изготовления конструкций на показатели прочности, проведены стендовые испытания. В качестве образца рассматривались детали тип III, № 6 по ГОСТ 1497-84. Испытательное оборудование: универсальная испытательная машина ИР 5082-50, зав. № 45 (свидетельство о поверке № 325475, действительно до 17.10.2019 г.), экстензометр УДН 12,5/10 Температура в помещении: 20 °С. Относительная влажность воздуха: 43 %. Испытание проведено в соответствии с ГОСТ 1497-84. Образцы выполнены на 3D принтерах Picaso 3D Designer X и Hercules Strong при 100-процентном заполнении. При диаметрах сопел 0,3; 0,4; 0,5 мм из материалов одной партии поставки. Также рассматривалось влияние горизонтального и вертикального направления формирования образцов при изготовлении на их механические свойства. Образец, выполненный с использованием идей патента [7], изготовлен следующим образом. Габаритный каркас выполнен из ABS пластика с центральным каналом диаметром 2 мм. В канале размещена углеродная нить Aksa A-49 12k, предел прочности 4900 МПа, линейная плотность 800 текс, предельная деформация 2 %, модуль упругости при растяжении 250 Гпа. Внутренний канал с предварительно натянутой углеродной нитью заполнен эпоксидной смолой вакуумным методом с последующим ее затвердением.

Результаты исследования и их обсуждение

Испытания показали следующие результаты:

– при изучении влияния направления формирования деталей по отношению к направлению нагрузки выявлено, что агдезионная прочность переплавленного ABS пластика ниже механической прочности на 38 %;

– влияние диаметра сопел экструдера на прочность в диапазоне значений 0,3 и 0,4 мм при продольном направлении формирования образцов и направлении нагрузки для ABS пластика незначительно. Наблюдается рост 12 % прочностных характеристик при диаметре сопла 0,5 мм. Результаты испытаний в виде диаграммы растяжения образцов с горизонтальной структурой формирования и продольным способом нагружения для диаметров сопел 0,3; 0,4 и 0,5 мм представлены на рис. 1. На рис. 2 представлен характер изменения предела текучести материала в зависимости от диаметра сопла экструдера;

– предел текучести образцов из ULTRAN по сравнению с ABS при изготовлении образцов с использованием сопла 0,3 мм, в варианте агдезионной прочности в три раза выше;

– образец, выполненный по способу [7], показал десятикратное увеличение запасов прочности по сравнению с ABS пластиком и трехкратный запас относительно ULTRAN, после чего произошло разрушение внешней оболочки образца, выполненной из пластика и выдергивание углеродной нити из остатков структуры в зоне крепления образцов на испытательном стенде. Углеродная нить не разрушилась. Данная аномалия может объясняться наличием разделительных поверхностей в теле оболочки образца 3D печати при переходе печати с одного диаметра на другой. При рассмотрении места разрушения под микроскопом выявлена неоднородность структуры, внутренние зоны в виде ровных плоскостей, занимающих до 50 % от сечения, которые не видны снаружи образца. Внешне однородная деталь, в действительности не представляет собой единое целое с точки зрения непрерывности ее изготовления, а состоит из отдельных склеенных между собой фрагментов. Это еще раз подтверждает непредсказуемость прочностных характеристик деталей, напечатанных по аддитивным технологиям;

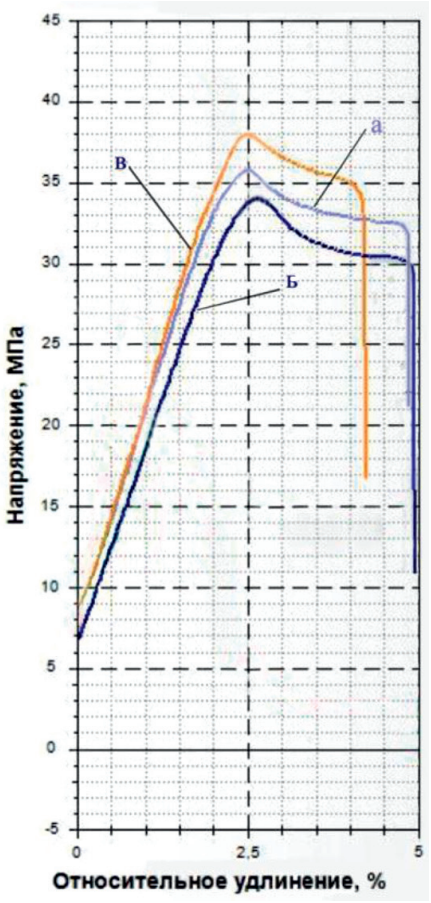


Рис. 1. Диаграммы растяжения образцов с горизонтальной структурой формирования и продольным способом нагружения для диаметров сопел 0,3; 0,4 и 0,5 мм: а = 0,3 мм, б = 0,4 мм, в = 0,5 мм

– при печати образцов, даже относительно простой формы, при 100-процентном заполнении, совершенно не понятно, является ли испытываемая структура однородной. Программы печати, установленные на 3D принтерах производителями, не учитывают особенности формирования структур из соображений прочности. Ставится под сомнение целесообразность проведения испытаний на прочность по стандартным образцам, указанным в ГОСТах. Возникает востребованность в разработке отдельных стандартов испытаний пластиковых образцов, изготовленных по аддитивным технологиям.

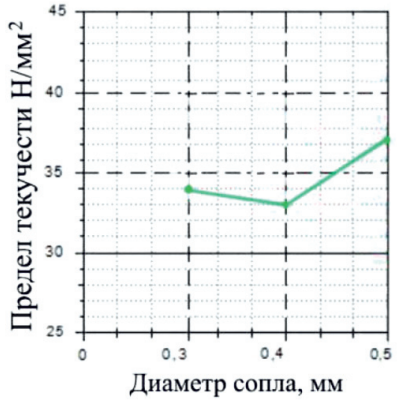


Рис. 2. Предел текучести материала в зависимости от диаметра сопла экструдера

Выводы

Пространственные сложные силовые конструкции, выполненные по технологии FDM на 3D принтерах, обладают большим разбросом прочностных характеристик, вызванным зависимостью от многих факторов. К наиболее значимым можно отнести геометрию формирования пространственной оболочки изделия, направления приложения нагрузки, скорость печатания, диаметра сопла, а также внешним воздействиям температурно-климатических факторов режимов эксплуатации рассматриваемых устройств.

Особое внимание обращаем на алгоритм печати. Практика показывает, что одинаковые детали, выполненные при одинаковом исполнении: материала, скоростью печати, диаметрах сопла, способе приложения нагрузки, температуре изготовления – но на разных принтерах, имеют различные прочностные характеристики. В ряде случаев эта разница достигала 100 %. Детали печатаются фрагментами, алгоритм которых заложен в программах печати без учета понятия равнопрочности.

Математические методы расчета конструкций, часто значительно отличаются от фактических экспериментальных результатов. Они не учитывают большинство важнейших факторов технологии изготовления, таких как скорость печати, температурных режимов. Особенностей структуры заполнения, концентраторов, дефектов формирования структур и многих других особенностей технологического процесса, а также моментов, связанных со старением исходного материала и готовой продукции. Все это практически исключает, на данном этапе развития 3D FDM технологии, применение данного способа для массового производства ответственных конструкций длительного использования, в том числе строительных конструкций и деталей машиностроения.

Разработанный способ формирования каркаса конструкций [7] с использованием традиционных 3D аддитивных технологий и широко применяемых материалов в качестве внешней оболочки требуемой формы и пространственного произвольного внутреннего силового каркаса, армированного углеродным волокном в виде нитей или рукавов со стабильными физико-механическими характеристиками, позволяет создать продукт с уникальными свойствами. Оболочка с заполнением 20 %, выполненная по 3D FDM технологии, обеспечивает внешний вид изделия при минимальном весе. Внутренний армированный каркас выполняется в зонах наибольшей нагрузки, с использованием способа растворяемых каналов и армирования, имеет произвольную форму и стабильные характеристики, поскольку углеродные нити и рукава производятся оборудованием с отлаженными технологическими процессами.

Физико-технические свойства углеродного волокна в виде нитей и рукавов практически не зависит от времени эксплуатации и климатических условий.

Создаются уникальные стабильные объемно-механические характеристики изделия, сочетающие в себе произвольную форму, легкость, прочность, долговечность.

Способ возведения каркаса конструкций с использованием технологии FDM печати на принтере с двумя экструдерами с последующим армированием и созданием внутреннего силового скелета использован на практике при создании элементов силового каркаса пространственного солнечного коллектора [8], изготовленного на заводе «АРДЕРИЯ», Республика Адыгея.

Идеи формирования армированного каркаса с использованием разработанного

способа могут найти широкое применение в различных направлениях промышленности, в том числе. строительных конструкциях при возведении зданий уникальной формы, авиации и космической технике, судостроении, автомобилестроении и в других отраслях машиностроительного профиля.

Список литературы

1. Петров В.М, Безпальчук С.Н, Яковлев С.П. О влиянии структуры на прочность изделий из пластиков, получаемых методом 3D-печати // Вестник Государственного университета морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова. 2017. Т. 9. № 4. С. 765–776. DOI: 10.21821/2309-5180-2017-9-4-765-776.

2. Балашов А.В., Черданцев А.О., Новиковский Е.А., Ананьин С.В., Белоплотов С.В. Исследование прочности изделий, полученных методом 3D-печати // Ползуновский вестник. 2016. № 2. С. 61–64.

3. Штогрин Я. REC/Прочность на изгиб [Электронный ресурс]. URL: https://rec3d.ru/wiki/16/prochnost-na-izgib/ (дата обращения: 19.03.2019).

4. Штогрин Я. REC/Прочность на сжатие [Электронный ресурс]. URL: https://rec3d.ru/wiki/14/prochnost-na-szhatie/ (дата обращения: 19.03.2019).

5. Top D Shop/Обзор высокотемпературных FDM-пластиков для промышленной 3D-печати [Электронный ресурс]. URL: http://top3dshop.ru/blog/obzor-vysokotemperaturnyh-fdm-plastikov-dlja-promyshlennoj-3d-pechati/ (дата обращения: 19.03.2019).

6. Top D Shop/ Подробный гид по выбору пластика для 3D-печати [Электронный ресурс]. URL: http://top3dshop.ru/blog/podrobnyj-gid-po-vyboru-plastika-dlja-3d-pechati/ (дата обращения: 19.03.2019).

7. Торопов А.Л. Способ возведения каркаса конструкций // Патент РФ № 2679013. Патентообладатель Торопов А.Л. 2019. Бюл. № 4.

8. Торопов А.Л. Комбинированные тепловые гелиосистемы. Ч. 1. Тепловые солнечные коллекторы для индивидуальных и децентрализованных систем отопления и горячего водоснабжения: учебное пособие. 2019. 88 с. DOI:10.17513/np.346.

УДК 004.91:004.056.53

КРИТЕРИАЛЬНАЯ СИСТЕМА ОЦЕНКИ ЗАЩИЩЕННОСТИ ДОКУМЕНТОВ НА ОСНОВЕ ТЕХНОЛОГИИ ЛЕКСИКОЛОГИЧЕСКОГО СИНТЕЗА

[1,2]Черников Б.В., [2]Трофимова А.В.

[1]ООО «Газпром ВНИИГАЗ», e-mail: bor-cher@yandex.ru;

[2]РЭУ им. Г.В. Плеханова, Москва, e-mail: 13goan@gmail.com

Необходимость защиты информации определяется не только потребностью организаций сохранять конфиденциальность коммерческой тайны для сохранения конкурентоспособности, но и законодательными актами, описывающими требования защиты персональных данных и другой конфиденциальной информации. Обеспечение безопасности такой информации требует комплексного подхода: защиты на организационно-правовом и техническом направлениях. Организационные меры являются основополагающими в данной сфере, но не покрывают полный спектр угроз. Например, при передаче электронных документов по каналам связи существует вероятность ее перехвата с помощью применения технических средств. Защита информации от подобной угрозы осуществляется посредством применения специальных методов – шифрования и кодирования. Аналогичным способом обеспечения конфиденциальности передаваемой информации является технология защиты электронных документов на основе лексикологического синтеза. Основой данной технологии является автоматизированное создание документов, в ходе которого формируется индексная последовательность, которая и передается по каналу связи. Выбор одного из методов защиты информации должен опираться на некие признаки, позволяющие оценить вероятность достижения цели выбора. В работе предложены критерии для сравнения методов защиты информации при передаче электронных документов по каналу связи в рамках двух групп – критерии, связанные с надежностью обеспечения безопасности информации, и критерии, связанные с организацией защиты конфиденциальных данных. Сформированные критерии позволяют сравнить рассматриваемые методы защиты данных. В результате исследования проведен анализ технологии защиты документов на основе лексикологического синтеза в сравнении с шифрованием и кодированием, который показал, что сформированная критериальная система требует расширения значимых компонентов, сделан вывод о различии сравниваемых методов защиты информации в аспекте эффективности.

Ключевые слова: электронный документ, защита информации, конфиденциальность, лексикологический синтез, критерий, шифрование

CRITERION SYSTEM FOR ASSESSING THE SECURITY OF DOCUMENTS BASED ON LEXICOLOGICAL SYNTHESIS TECHNOLOGY

[1,2]Chernikov B.V., [2]Trofimova A.V.

[1]OOO «Gazprom VNNIGAZ», e-mail: bor-cher@yandex.ru;

[2]Plekhanov Russian University of Economics, Moscow, e-mail: 13goan@gmail.com

The need to protect information is determined not only by the need of organizations to maintain confidentiality of commercial secrets in order to maintain competitiveness, but also by legislative acts describing the requirements for the protection of personal data and other confidential information. Ensuring the security of such information requires an integrated approach – protection in the organizational, legal and technical areas. Organizational measures are fundamental in this area, but do not cover the full range of threats. For example, when transmitting electronic documents via communication channels, there is a possibility of its interception by using technical means. Information is protected against such a threat by applying special methods – encryption and encoding. A similar way to ensure the confidentiality of information transmitted is the technology of protecting electronic documents based on lexicological synthesis. The basis of this technology is the automated creation of documents, during which an index sequence is formed, which is transmitted via a communication channel. The choice of one of the methods of information protection should be based on certain signs, allowing to assess the probability of achieving the goal of choice. The paper proposed criteria for comparing information protection methods for transmitting electronic documents via a communication channel within two groups – criteria related to the reliability of information security, and criteria related to the organization of the protection of confidential data. Formed criteria allow us to compare the data protection methods under consideration. The study resulted in a comparative analysis of the document protection technology based on lexicological synthesis, encryption and coding, which showed that the obtained criterion system requires expanding the components, and it was also concluded that there are differences between the compared information protection methods.

Keywords: electronic document, information security, confidentiality, lexicological synthesis, criterion, encryption

Информационная безопасность в широком смысле представляет собой совокупность средств защиты информации от случайного или преднамеренного воздействия. Независимо от причины воздействия (причины искусственного характера или естественные факторы) владелец информации может получить ущерб.

Потенциально возможное влияние или воздействие на информацию с последующим нанесением убытка чьим-то потребностям является угрозой информации [1]. Угрозы информационной безопасности проявляются не самостоятельно, а через возможное взаимодействие с наиболее слабыми звеньями системы защиты, то есть

через уязвимости. Угроза приводит к нарушению деятельности систем на конкретном объекте-носителе, что может повлиять на соблюдение конфиденциальности информации. Нарушение конфиденциальности информации часто ведет к материальному ущербу, например, при разглашении «ноу-хау» компания несет финансовые потери, а также нематериальные – потеря репутации, снижение доверия.

Защита конфиденциальной информации обеспечивается комплексом мер, направленных на противодействие злоумышленнику – лицу, принимающему преднамеренные действия для доступа к информации [2]. В качестве таких мер могут выступать:

– препятствие на пути нарушителя – физическими (например, ограничение доступа с помощью металлических дверей) и программными средствами (для этих целей применяется авторизация пользователя при входе во многие программные комплексы);

– маскировка или преобразование данных;

– разработка нормативно-правовых актов, направленных на побуждение пользователей к должному поведению (к этому способу можно отнести подписание обязательства о неразглашении служебных сведений).

Меры должны использоваться в комплексе, так как каждая их группа перекрывает ограниченный набор угроз. Работу сотрудников с конфиденциальными данными можно регламентировать локальными нормативными актами, однако такие меры защиты не учитывают угрозы технического характера, например попытки удаленного перехвата информации, соответственно, при передаче электронных документов необходимо обеспечить защиту информации на техническом уровне. В данном случае основным методом безопасности является криптографическая защита. Конфиденциальность обеспечивается путем преобразования открытого теста при помощи алгоритма, называемого шифром. При использовании данного метода защищен сам документ с текстом, а не доступ к нему. Для аналогичной цели предназначена и защита информации при формировании документов на основе технологии автоматизированного лексикологического синтеза (ЛЛС). Достоинства этого метода защиты информации описываются в данном исследовании.

Каждый из методов защиты информации реализуется при помощи различных категорий средств. Основные средства – организационные и технические. Определение необходимых методов требует ответа на вопросы: «Что защищается?», «От чего защищается?», «Какими средствами защищается?» Для выбора метода или средства защиты исходя из конкретной ситуации формируются критерии сравнения.

Во избежание получения материального и иного ущерба, который может привести к тяжелым последствиям (вплоть до банкротства компании или угрозы жизни и здоровью человека) вследствие хищения конфиденциальных данных, следует обеспечивать их безопасность. Защита конфиденциальной информации – это совокупность мероприятий, направленных на обеспечение сохранности информации от несанкционированного доступа. Согласно законодательству, в целях защиты, например, персональных данных необходимо использовать комплекс мер, включая организационные и технические [3]. Организационные меры защиты информации определяются нормативно-правовыми документами, в которых учитываются сфера деятельности и особенности функционирования организаций. При использовании технических мер необходимо осуществить выбор в пользу того или иного метода защиты. Принятие оптимального решения требует соответствия определенным критериям, в соответствии с которыми будут оцениваться альтернативные варианты. Определение критериев – ключевой момент при выборе метода защиты информации, так как анализ возможных решений с помощью критериальной системы покажет для лица, принимающего решение, преимущества и недостатки выбираемого метода, его соответствие цели.

Цель исследования: формирование комплекса критериев для сравнения методов защиты информации с методом защиты документов на основе лексикологического синтеза при передаче электронных документов по каналам связи

Организационно-правовая основа защиты информации

Категория мер обеспечения информационной безопасности на основе нормативных документов представлена законодательными актами и нормативно-распорядительными документами, которые действуют в масштабах государства или на уровне организации.

В мировой практике при разработке нормативных актов ориентируются на стандарты защиты информационной безопасности, основным в настоящее время считается стандарт ISO/IEC 27000, включающий в себя целое семейство нормативных документов. Стандарт создавали две организации:

− ISO – Международная организация по стандартизации, которая разрабатывает и утверждает большинство признанных на международном уровне методик серти-

фикации качества процессов производства и управления;

– IEC – Международная некоммерческая организация по стандартизации в области электрических, электронных и смежных технологий. Некоторые из стандартов МЭК разрабатываются совместно с Международной организацией по стандартизации.

Актуальная версия стандарта ISO/IEC 27000-2016 предлагает готовые рекомендации, необходимые для управления информационной безопасностью.

В качестве нормативных актов на уровне компании разрабатываются перечни сведений, составляющих коммерческую тайну, приложения к трудовым договорам, закрепляющие ответственность за разглашение конфиденциальных данных, внутренние стандарты и методики. Внутренние нормы и правила должны содержать описание механизмов реализации защиты информации и меры ответственности. Чаще всего меры носят дисциплинарный характер, и нарушитель должен быть готов к тому, что за нарушением режима коммерческой тайны могут последовать организационные санкции вплоть до увольнения.

В рамках административной деятельности по обеспечению информационной безопасности для сотрудников служб безопасности организаций доступен широкий набор действий. Это и архитектурно-планировочные решения, позволяющие защитить переговорные комнаты и кабинеты руководства от прослушивания, и установление различных уровней доступа к информации. К важным организационным мерам следует отнести сертификацию деятельности компании по стандартам ISO/IEC 27000, сертификацию отдельных аппаратно-программных комплексов, аттестацию субъектов и объектов на соответствие необходимым требованиям безопасности, получение лицензий, необходимых для работы с защищенными массивами информации.

С точки зрения регламентации деятельности персонала необходимо оформление системы запросов на допуск к интернету, внешней электронной почте, другим ресурсам. Дополнительным элементом является получение электронной подписи для усиления безопасности финансовой и другой информации, которую передают государственным органам по каналам связи посредством, например, электронной почты.

Морально-этические меры определяют личное отношение человека к конфиденциальной информации. Повышение уровня знаний сотрудников касательно влияния угроз на деятельность компании влияет на степень сознательности и ответственности сотрудников.

В работе [4] отмечается, что защита информации требует комплексного подхода. В совокупности с организационно-правовыми мерами необходимо использовать и технические.

Технические меры защиты

Физические средства – это механические, электрические, электронные механизмы, которые функционируют независимо от информационных систем и создают препятствия для доступа к ним [5]. Замки, в том числе электронные, экраны, жалюзи призваны создавать препятствия для контакта дестабилизирующих факторов с системами. Группа этих мер дополняется средствами систем промышленной безопасности, например, видеокамерами, видеорегистраторами, датчиками, выявляющие движение или превышение степени электромагнитного излучения в зоне расположения технических средств снятия информации, закладных устройств.

Аппаратные средства – это электрические, электронные, оптические, лазерные и другие устройства, которые встраиваются в информационные и телекоммуникационные системы [6]. Программные средства – это прикладные, системные и комплексные программы, предназначенные для решения задач, связанных с обеспечением безопасности информации.

К дополнительным средствам обеспечения информационной безопасности относятся различные криптографические алгоритмы, реализующиеся в качестве программных и программно-аппаратных средств, позволяющие шифровать информацию при хранении и перенаправляемую по внешним каналам связи. При передаче данных по каналам связи наиболее распространенным методом защиты является шифрование содержимого документа. Менее популярным аналогом в целях защиты данных является кодирование – замена элементов текста на различные символы в соответствии с таблицей кодировки.

Все средства, обеспечивающие безопасность информации, должны использоваться в совокупности, после предварительной оценки ценности информации и сравнения ее со стоимостью ресурсов, затраченных на охрану.

Защита документов на основе лексикологического синтеза

Аналогом криптографии, как методу защиты информации при передаче документов по каналам связи, является защита электронных документов на основе технологии лексикологического синтеза.

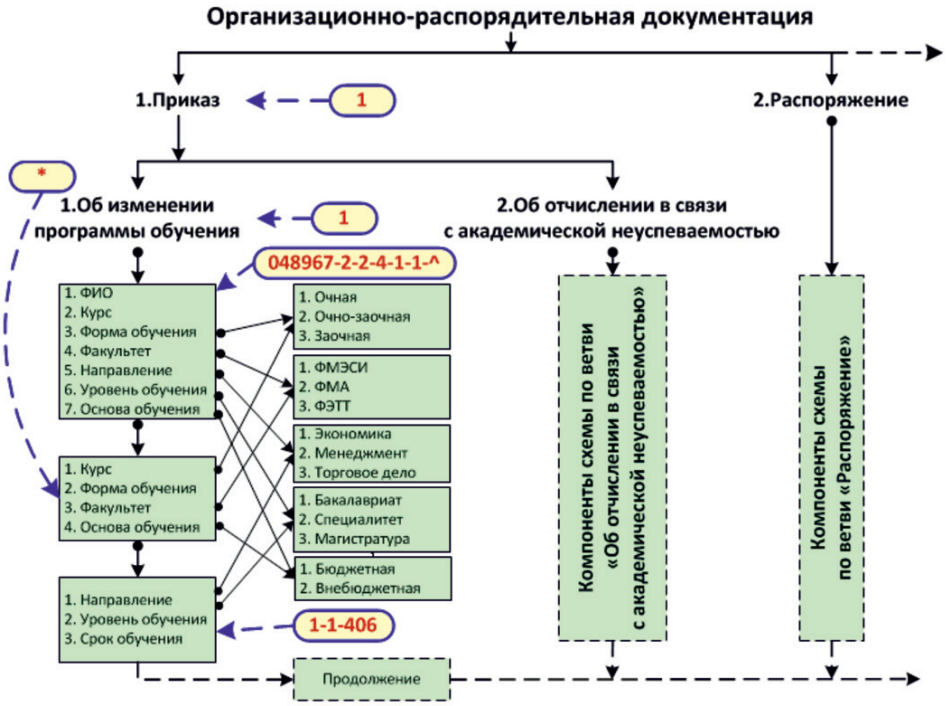


Рис. 1. Фрагмент лексикологической схемы организационно-распорядительной документации вуза

Данный метод дополняет процесс создания электронных документов в автоматизированном режиме [7]. Формируется набор унифицированных по форме и содержанию документов. Каждый такой документ состоит из опорных слов и соответствующих им формулировок. Данный массив информации складывается в специализированную базу знаний. Опорные слова образуют лексонтологию – лексикологическую схему документа. Пример такой схемы представлен на рис. 1.

Вся информация в документе делится на четыре категории [7]:

– унифицированная постоянная (редко меняющаяся информация, например тип документа или наименование организации);

– унифицированная переменная (возможно представление в качестве справочника: перечень факультетов, форм обучения и т.д.);

– переменная вводимая (имеет определенный формат представления данных, конкретизирующие данные для конкретного экземпляра – табличные данные, сведения о программе обучения в часах);

– неунифицированная (свободные формулировки).

При создании конкретного экземпляра документа выбираются опорные слова, которым соответствуют определенные текстовые фрагменты, внедряемые в документ. Важно отметить, что форма документа также закладывается в базу знаний и выбирается на начальном этапе создания документа.

Сущность защиты конфиденциальной информации заключается в следующем [7]. В процессе формирования документа на основе лексикологического синтеза фиксируются индексы, соответствующие каждому опорному слову на лексикологической схеме (рис. 1). Совокупность данных индексов составляет индексную последовательность. Отличие описываемого метода защиты информации от шифрования заключается в том, что по каналу связи передается не сам документ, а сформированная индексная последовательность.

Индексная последовательность содержит следующие элементы:

– индекс формы (типа) документа;

– индекс заголовка документа;

– индексы опорных слов;

– зашифрованные свободные формулировки;

– индекс электронной подписи.

Пример индексной последовательности, сформированной на основе фрагмента лексикологической схемы организационно-распорядительной документации вуза (рис. 1):

1:1:048067-2-2-4-1-1-^:*:1-1-406,

где уровни уточнения информации разделяются знаком «:», внутриуровневое разделе-

ние обозначается символом «–», отсутствие уточняющей информации на уровне «*», отсутствие информации внутри уровня – «^».

Для приведенного на рис. 1 примера первому уровню присваивается индекс 1, которому соответствует вид документа «Приказ», второму уровню – индекс 2 с соответствующим заголовком «Об изменении программы обучения», третьему – код студента 048967, 2 курс, очно-заочная форма обучения с индексом 2, факультет – 4, направление – 1, уровень обучения – 1. Основа обучения не выбирается, следовательно, ставится знак «^». Четвертый уровень не уточняется, указывается знак «*». Пятому уровню соответствуют индексы направления – 1, уровня обучения – 1 и срока обучения – 406.

Процесс обмена документами с применением технологии лексикологического синтеза осуществляется следующим образом. На стороне отправителя формируется информационная посылка, содержащая индексную последовательность, которая и отправляется по каналу связи. На стороне получателя после получения данной посылки происходит автоматическое восстановление документа путем определения по индексам опорных слов и соответствующих им формулировок по лексикологической схеме. Данная технология работает только при наличии у обеих сторон согласованной лексикологической схемы, без которой создание и последующее восстановление документа невозможны [7].

Критерии для сравнения технических методов защиты информации с защитой документов на основе лексикологического синтеза

Методы защиты информации, изложенные выше, имеют свои достоинства и недостатки. Для того чтобы определить подходящий метод в конкретной ситуации, необходимы некие признаки для сравнения.

Критерий – признак, на основании которого производится оценка, определение или классификация чего-либо [8]. Критерии могут измеряться числовыми оценками и нечеткими множествами. При определении критериев для выбора метода защиты информации важно корректно поставить задачу, так как при разных целях принятия решения требуются различные критерии. Цель в рамках данного исследования сформулирована следующим образом. Необходимо сформировать критерии для сравнения метода защиты электронных документов на основе лексикологического синтеза с аналогичными техническими методами при передаче документов по каналам связи.

Подбор критериев можно разделить на два типа:

− критерии, отражающие степень защиты информации;

− критерии, связанные с организацией защиты и процесса передачи информации.

Чтобы метод считался конкурентоспособным, он обязательно должен поддерживать основные свойства информации – целостность, доступность, конфиденциальность [9]. К данным свойствам следует добавить неотказуемость, то есть неотрекаемость от авторства информации. Кроме того, целесообразно учесть такие критерии, как возможность восстановления исходного текста при перехвате и влияние знания алгоритма защиты на возможность восстановления текста. Данные признаки важны при передаче конфиденциальной информации по каналам связи.

К дополнительным критериям относятся:

− передача самого документа, т.е. критерий определяет, передается ли документ, содержащий конфиденциальный текст, или передаче подлежит только текст (содержание документа);

− является частью документооборота или отдельным средством, т.е. является ли реализация метода защиты в отношении системы электронного документа оборота как встроенное или отдельное средство;

− определение ошибки при получении – фиксация результатов передачи данных и журнала ошибок, доступных для администратора системы;

− дополнительные аппаратные средства – требование к дополнительным аппаратным средствам (за исключением аппаратуры, на которой используется система электронного документооборота или обычное создание документов) при реализации метода;

− использование при обмене неунифицированными документами, т.е. целесообразность использования метода защиты при обмене документами, которые сложно унифицировать по форме и содержанию.

Скорость передачи информации по каналу связи не рассматривается, так как в современном мире данные показатели будут незначительны при выборе метода защиты.

Часть описанных критериев принимает значения «да/возможно/нет», для рейтинговой оценки можно представить значения как «2/1/0» соответственно. В целях удобства сравнения методов в совокупности для остальных критериев в табл. 1 приведены такие же диапазоны значений. Для лица, принимающего решение о выборе метода защиты информации, важно определить веса критериев – важность критерия при приня-

тии решения. Вес, как правило, определяется экспертным путем. Исходя из развития информационных технологий, приведен пример расставленных весов сформированных критериев, причем сумма весов критериев должна равняться единице (табл. 1).

В каждом отдельном случае принятия решения веса критериев определяются, как правило, лицом, принимающим это решение. В данном исследовании веса приведены для примера. Наибольший вес распределяется на концептуальный подход к документообороту – используется ли он для формирования и обмена унифицированными документами, что сразу может отсечь некоторые варианты при выборе. Цель данных методов – защита информации, соответственно, следующим шагом вес получают критерии, связанные непосредственно с обеспечением безопасности данных, такие как свойства информации, которое обеспечивает метод, возможность восстановления исходного текста при перехвате и влияние знания алгоритма защиты на возможность восстановления текста. Определение ошибки при передаче также получает вес 0,1, так как при передаче документов важно определять, дошла ли информация до получателя и с каким результатом, что позволяется предпринять действия по устранению ошибок. Дополнительными критериями являются необходимость в дополнительных аппаратных средствах и передача самого документа по каналу связи, значения которые не сказываются критично на защите информации, веса распределяются для них в последнюю очередь.

Сравнение методов по выработанным критериям

В табл. 2 приведены показатели для таких методов защиты информации, как шифрование, кодирование и защита документов на основе лексикологического синтеза.

По критериям, приведенным в табл. 2, определить однозначно, какой метод следует использовать при поставленной цели, сложно. Некоторые критерии не дают понять разницы, особенно когда все методы принимают одинаковое значение. Сравнение показывает, что по критериям, отражающим защиту информации, описываемые методы приблизительно равноценны (рис. 2), но важным отличием являются значения критерия «Передача самого документа», так как защита на основе лексикологического синтеза позволяет не передавать сам документ и определять форму со всеми сопутствующими атрибутами на стороне получателя.

Определение наилучшего метода защиты согласно критериям (табл. 2) осуществляется через общий показатель (ОП) для каждого метода, считаемый по формуле

$$\text{ОП} = \sum_{k=1}^{n} З * В,$$

где З – значение критерия, В – вес критерия, n – количество критериев. Общий показатель учитывает важность критерия для лица, принимающего решение, а также значение самого критерия в совокупности. Применив данную формулу к табл. 2, получаются следующие показатели (табл. 3).

Таблица 1

Веса критериев для выбора метода защиты информации при передаче по каналам связи

№ п/п	Критерий	Возможные значения	Вес
1	Свойства информации, которые обеспечивает метод	Целостность, доступность и конфиденциальность, неотказуемость	0,2
2	Возможность восстановления исходного текста при перехвате	Шкала от 0 до 2, где 2 – минимальная вероятность восстановления, 0 – максимальная вероятность восстановления	0,1
3	Влияние знания алгоритма защиты на возможность восстановления текста	Шкала от 0 до 2, где 2 – минимальное влияние, 0 – максимальное влияние	0,1
4	Передача самого документа	Шкала от 0 до 2, где 2 – документ не передается, 0 – передается	0,1
5	Определение ошибки при получении	Шкала от 0 до 2, где 2 – да, 1 – возможно, 0 – нет	0,1
6	Необходимость в дополнительных аппаратных средствах	Шкала от 0 до 2, где 2 – нет, 1 – возможно, 0 – да	0,1
7	Использование при неунифицированном документообороте	Шкала от 0 до 2, где 2 – да, 1 – возможно, 0 – нет	0,2

Таблица 2

Сравнительная таблица методов защиты информации при передаче по каналам связи

№ п/п	Критерий	Методы		
		ЛЛС	Шифрование	Кодирование
1	Принцип, на обеспечение которого направлена защита	Конфиденциальность Неотказуемость	Конфиденциальность Неотказуемость	Конфиденциальность
2	Возможность восстановления исходного текста при перехвате	2	2	1
3	Влияние знания алгоритма защиты на возможность восстановления текста	2	2	1
4	Передача самого документа	2	0	0
5	Определение ошибки при получении	2	2	2
6	Необходимость в дополнительных аппаратных средствах	2	1	2
7	Использование при неунифицированном документообороте	1	2	2

Таблица 3

Общие показатели сравнения методов защиты информации

№ п/п	Метод защиты информации	Общий показатель
1	ЛЛС	1,2
2	Шифрование	1,1
3	Кодирование	1

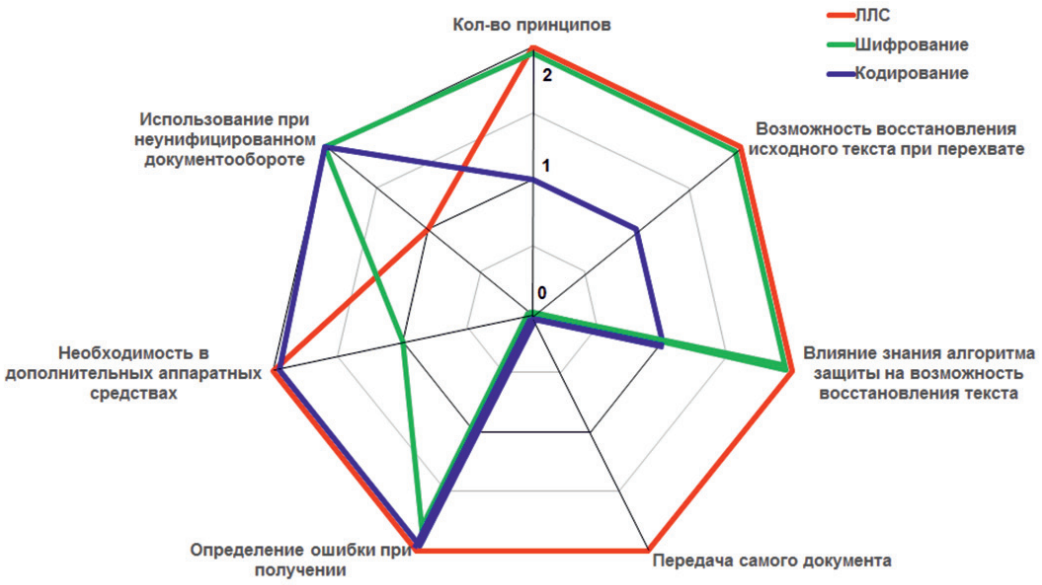


Рис. 2. Лепестковая диаграмма параметрического сравнения методов защиты документов при передаче по каналам связи

Согласно расставленным весам и значениям критериев наибольший общий показатель имеет метод защиты информации на основе лексикологического синтеза.

Выбор метода может определяться на основе того, является ли целью защиты документооборот унифицированных документов, так как реализация защиты документов на основе лексикологического синтеза может быть проще установки средств криптографической защиты данных. Кроме того, во многих случаях имеет весомое значение ценовая политика организации в отношении обеспечения информационной безопасности. Тем не менее, если судить в комплексе в целом, технико-экономиче-

ские показатели лексикологического синтеза можно считать более выгодными даже по причине меньшей необходимости в дополнительном обеспечении какими-либо средствами поддержки защиты информации передаваемых документов.

Заключение

1. Целостность, доступность и конфиденциальность информации обеспечиваются комплексом мер различной направленности: организационные, правовые, технические. Каждое из перечисленных направлений защищает от своего спектра угроз. Определение метода защиты зависит от поставленной цели.

2. В процессе исследования анализировались методы защиты информации при передаче электронных документов по каналам связи: шифрование, кодирование и защита документов на основе лексикологического синтеза. Исходя из особенностей данных методов сформирован перечень критериев для сравнения.

3. Сформированные критерии показали, что в отношении информационной безопасности защита на основе лексикологического синтеза и шифрование во многом равноценны. Выбор одного из данных методов должен опираться на уже сформированную инфраструктуру в организации, поддерживающую обмен электронными документами, так как в случае отсутствия системы электронного документооборота можно реализовать автоматизированное создание документов на основе лексикологического синтеза с параллельным процессом формирования индексной последовательности. Такое решение проще установки раздельных систем документооборота и, дополнительно, криптографической защиты данных, что, безусловно, обеспечивает определенный экономический выигрыш.

Список литературы

1. ГОСТ Р 50922-2006. Защита информации. Основные термины и определения. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2007. 8 с.

2. ГОСТ Р ИСО/МЭК 27002-2012. Информационная технология. Методы и средства обеспечения безопасности. Свод норм и правил менеджмента информационной безопасности. М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2014. 106 с.

3. Федеральный закон от 27 июля 2006 г. № 152-ФЗ «О персональных данных» // Российская газета. Федеральный выпуск № 4131 (0). 2006.

4. Бондарев В.В. Введение в информационную безопасность автоматизированных систем. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2016. 252 с.

5. Беляев М.А., Лысенко В.В., Малинина Л.А. Основы информатики. Ростов н/Д.: Феникс, 2006. 352 с.

6. Нестеров С.А. Основы информационной безопасности: учебное пособие. 5-ое изд., стер. СПб.: Лань, 2019. 324 с.

7. Трофимова А.В., Черников Б.В. Об индексной последовательности при защите документов на основе лексикологического синтеза // Современные наукоемкие технологии. 2018. № 6. С. 150–156.

8. Ефремова Т.Ф. Современный толковый словарь русского языка. Т. 1. СПб.: Астрель, 2006, 1168 с.

9. Крылов Г.О., Ларионова С.Л., Бекетова Ю.М. Международные основы и стандарты информационной безопасности финансово-экономических систем. М.: Прометей, 2018. 174 с.

10. Родичев Ю.А. Нормативная база и стандарты в области информационной безопасности. СПб.: Питер, 2017. 256 с.

11. Черников Б.В. Способ автоматизированного лексикологического синтеза документов с защищенной информацией при передаче их по каналам связи. Патент РФ № 2331104. 2008.

УДК 548.734.032

РЕНТГЕНОФАЗОВЫЙ АНАЛИЗ ПОРОШКОВ НАНОКРЕМНЕЗЕМА

Шунина Е.В., Потапов В.В., Горев Д.С.

Научно-исследовательский геотехнологический центр ДВО РАН, Петропавловск-Камчатский, e-mail: shunins@mail.ru

Выполнены эксперименты по изучению аморфной структуры образцов нанопорошков SiO_2, полученных вакуумной сублимацией золей. Методом рентгенофазового анализа установлена аморфная структура образцов кремнезема, полученных удалением воды из золей, распределенных по твердой поверхности. Компактирование нанопорошков SiO_2 при давлениях, характерных для проведенных экспериментов, не приводило к изменению аморфной структуры нанопорошков и появлению в спектрах рентгенофазового анализа минеральных фаз; прокаливание без компактирования нанопорошков также не приводило к образованию минеральных фаз и существенному изменению аморфной структуры, что указывает на влияние контакта поверхности частиц нанопорошка на скорость процесса кристаллизации при повышенной температуре. Основная доля минеральных фаз, возникающих после компактирования и прокаливания нанопорошков, полученных вакуумной сублимацией золей, представлена β-кристобалитом; доля β-кристобалита составляет 70–90 мас.%. Установлено отличие концентраций минеральных фаз (портландит, гидраты кальций силикатов) в образцах наномодифицированного бетона (с добавкой золя SiO_2) по сравнению с контрольным образцом бетона, что, в принципе, дает возможность изучения механизма гидратации кальций силикатов, входящих в состав частиц цемента, и влияния на скорость и результаты этого процесса наночастиц SiO_2.

Ключевые слова: рентгенофазовый анализ, дифрактограмма, нанокремнезем, нанопорошок, модифицированный бетон

X-RAY PHASE ANALYSIS OF POWDERS NANOSILICA

Shunina E.V., Potapov V.V., Gorev D.S.

Research Geotechnological Center, Far Eastern Branch of Russian Academy of Sciences, Petropavlovsk-Kamchatskiy, e-mail: shunins@mail.ru

Experiments were carried out to study the amorphous structure of SiO_2 nanopowder samples obtained by vacuum sublimation of sols. The amorphous structure of silica samples obtained by water removal from sols distributed over the solid surface was determined by x-ray phase analysis. Compaction of SiO_2 nanopowders at pressures typical for the experiments did not lead to a change in the amorphous structure of nanopowders and the appearance of mineral phases in the x-ray phase analysis spectra; calcination without compaction of nanopowders also did not lead to the formation of mineral phases and a significant change in the amorphous structure, which indicates the effect of contact of the surface of the nanopowder particles on the rate of crystallization at an elevated temperature. The main share of mineral phases arising after compaction and calcination of nanopowders obtained by vacuum sublimation of sols is represented by β-cristobalite; the share of β-cristobalite is 70-90 wt.%. The difference between the concentrations of mineral phases (Portland, calcium hydrates silicates) in the samples of nanomodified concrete (with the addition of Sol SiO_2) compared with the control sample of concrete, which, in principle, makes it possible to study the mechanism of hydration of calcium silicates, which are part of the cement particles, and the effect on the speed and results of this process of SiO_2 nanoparticles.

Keywords: x-ray diffraction, diffractogram, nanosilica, nanopowder, modified concrete

В методе дифракции рентгеновских лучей используется направленный узкий пучок рентгеновских лучей на неподвижный кристалл, регистрирующий на помещенной за кристаллом фотопластинке дифракционную картину, которая состоит из большого числа закономерно расположенных пятен. Каждое пятно – след дифракционного луча, рассеянного кристаллом [1–2].

В основе РСА лежит взаимодействие рентгеновского излучения с электронами вещества, в результате которого возникает дифракция рентгеновских лучей. Дифракционная картина зависит от длины волны используемых рентгеновских лучей и строения объекта [3–4]. Для исследования атомной структуры применяют излучение с длиной волны ~ 1 ангстрем (Å), т.е. порядка размеров атомов. Методами РСА изучают металлы, сплавы, минералы, неорганические и органические соединения, полимеры, аморфные материалы, жидкости и газы, молекулы белков, нуклеиновых кислот и т.д. [5–6]. Наиболее широко РСА применяют для установления атомной структуры кристаллических тел. Это обусловлено тем, что кристаллы обладают строгой периодичностью строения и представляют собой созданную самой природой дифракционную решётку для рентгеновских лучей [7].

Цель работы: изучение структуры нанокремнезема, полученного на основе гидротермального раствора.

Рентгенограммы образцов аморфного нанопорошка кремнезема

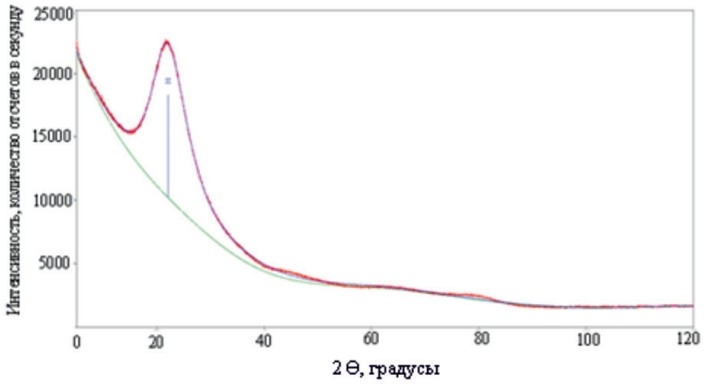
Съемка дифрактограмм аморфного кремнезема проводилась с использованием

D/tex (высокоскоростной линейный однокоординатный детектор с высоким разрешением) в диапазоне углов со скоростью 1,0 град/мин. В качестве подложки использовалась стеклянная кювета. Режим съемки – стандартный. В процессе съемки образцов было выявлено – образец нанопорошка на основе гидротермального раствора представлен на 100 % рентгеноаморфной фазой, что подтверждается отсутствием рефлексов, отвечающих присутствию кристаллических фаз и наличию на рентгенограмме широкого рефлекса в области 2Θ 20 град. (рис. 1, а). Съемка образца нанопорошка на основе раствора силиката натрия дала несколько рефлексов, отвечающих кристаллической фазе неясной природы. Степень кристалличности образца составила 1,17 % (рис. 1, б).

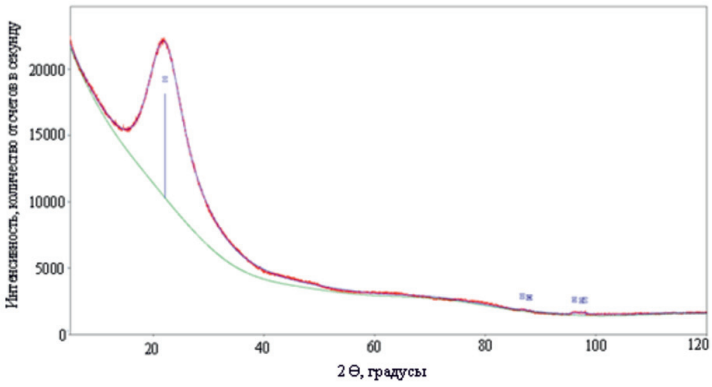
Рентгенограммы нанопорошков после высокотемпературной обработки

Съемка дифрактограмм аморфного кремнезема проводилась с использованием D/tex в диапазоне углов 2Θ 10–120 град. со скоростью 1,0 град/мин. В качестве подложки использовалась стеклянная кювета. Режим съемки – стандартный. Образец УФ-ВС (получен трехступенчатым УФ-мембранным концентрированием гидротермального раствора и криохимической вакуумной сублимацией концентрированного золя) прокаливался при температуре 1050 °С в течение 2 ч.

Основная масса исходного и прокаленного образцов представлена рентгеноаморфным материалом (индицируется наличием на рентгенограмме широкого рефлекса в области 2Θ 20 град.). Кристаллическая фаза исходного образца, представленная галитом (NaCl), составляет 0,8 %. Кристаллическая фаза прокаленного образца, представленная α-кварцем (SiO_2), составляет 0,96 %. На рентгенограмме прессованного образца отсутствуют рефлексы, отвечающие за кристаллические фазы (рис. 2). Рентгенограмма прессованного и прокаленного образца представлена рефлексами, отвечающими образованию трех кристаллических фаз кремнезема (SiO_2) – β-кристобалит, α-тридимит, α-кварц. Соотношение кристаллических фаз кремнезема, определенное методом корундового числа (RIR метод), (табл. 1).



а)



б)

Рис. 1. Образцы нанопорошка кремнезема: а) нанопорошок на основе гидротермального раствора; б) нанопорошок на основе раствора силиката натрия

Таблица 1

Соотношение минеральных фаз в образце прессованного и прокаленного кремнезема УФ-ВС, определенное методом корундового числа

Кристаллическая фаза	Содержание, мас.%
β-кристобалит	72,6
α-тридимит	21,7
α-кварц	5,7
	Σ 100

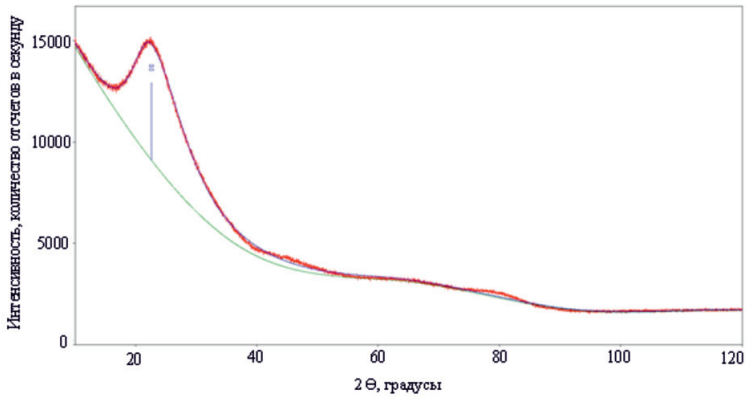


Рис. 2. Рентгенограмма образца нанопорошка УФ-ВС после прессования без прокаливания

Таблица 2

Соотношение фаз кремнезема в образце GSN прессованного и прокаленного кремнезема, определенное методом корундового числа

Образец	Кристаллическая фаза	Содержание, масс%
GSN1 (внешняя сторона образца)		
	β-кристобалит	56,6
	α-кварц	43,4
		Σ 100
GSN2 (внутренняя, примыкающая к стенке кюветы в процессе прокаливания сторона образца)		
	β-кристобалит	12,4
	α-кварц	87,6
		Σ 100

Съемка дифрактограмм таблетированного аморфного кремнезема (образец GSN, полученный сушкой геля кремнезема, и образец SN, полученный вакуумной сублимацией золя на основе силиката натрия) проводилась с использованием D/tex в диапазоне углов 2Θ 10–120 град. со скоростью 1,0 град/мин. В качестве подложки использовалась стеклянная кювета. Режим съемки – стандартный. Образцы GSN и SN прессовались и прокаливались при 1100 °C. Соотношение кристаллических фаз кремнезема, определенное методом корундового числа (RIR-метод), показано в табл. 2.

Для таблетки GSN была проведена двухсторонняя съемка. Химический состав кремнезема образца GS, полученный с использованием метода корундового числа (RIR-метод). Помимо основных индицируемых фаз (α-кварц, β-кристобалит), в спектре GSN1 индицируются рефлексы, отвечающие присутствию в образце следовых количеств еще одной фазы кремнезема – китита.

Химический состав кремнезема SN, полученный при съемке образца (прессованная таблетка) методом корундового числа (RIR-метод). В спектре индицируются рефлексы отвечающие присутствию в образце двух фаз: β-кристобалит, α-кварц, (табл. 3).

Таблица 3

Соотношение фаз кремнезема в образце SN прессованного и прокаленного кремнезема, определенное методом корундового числа

Образец	Кристаллическая фаза	Содержание, мас.%
SN		
	β-кристобалит	95,9
	α-кварц	4,1
		Σ 100

Таблица 4

Соотношение фаз кремнезема в образце УФ-ВС SiO_2-750 прессованного и прокаленного кремнезема, определенное методом корундового числа (RIR-метод)

Образец	Кристаллическая фаза	Содержание, мас.%
SiO_2-750 (внешняя сторона образца)		
	β-кристобалит	89,9
	α-кристобалит	10,1
		Σ 100
SiO_2-750 (внутренняя, примыкающая к стенке кюветы в процессе прокаливания сторона образца)		
	β-кристобалит	86,9
	α-кристобалит	13,1
		Σ 100

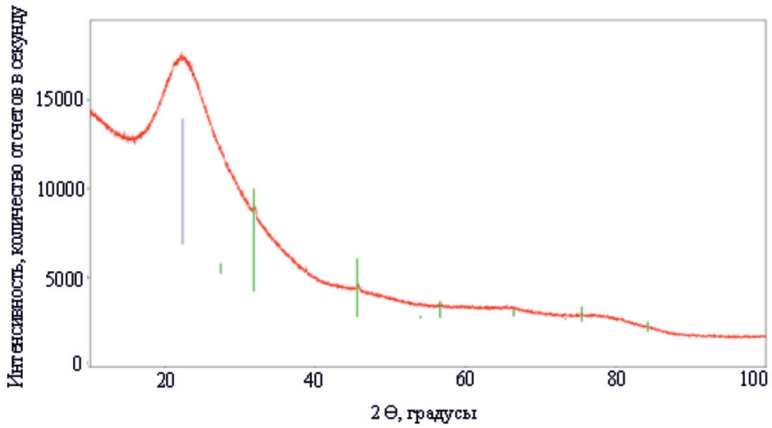


Рис. 3. Рентгенограмма образца нанопорошка УФ-ВС SiO_2-500

Двухсторонняя съемка дифрактограмм таблетированного аморфного кремнезема проводилась с использованием D/tex в диапазоне углов 2Θ 10–100 град. со скоростью 1,0 град/мин. В качестве подложки использовалась стеклянная кювета. Режим съемки – стандартный.

Химический состав образца кремнезема УФ-ВС SiO_2-750, прокаленного при температуре 750 °С, полученный с использованием метода корундового числа (RIR-метод), (табл. 4).

В спектре образца кремнезема УФ-ВС SiO_2-500 присутствует широкое гало в районе 2Θ 20 град., отвечающее присутствию в образце рентгеноаморфного материала. Рефлексы, отвечающие за присутствие в образце кристаллической фазы (0,46 %), отвечают галиту (NaCl) (рис. 3).

Содержание минеральных фаз в порошке кремнезема УФ-ВС при разных температурах прокаливания представлено в табл. 5, рис. 4, в порошках кремнезема УФ-ВС, GS, SN при температуре прокаливания 1100 °С в табл. 6, рис. 5.

Рентгенограммы образцов модифицированного бетона

Съемка дифрактограмм образцов проводилась с использованием D/tex детектора

в диапазоне углов 2Θ 10–120 град. со скоростью 1 град/мин. Съемка проводилась в стандартном режиме. Анализ результатов проводили с использованием программного комплекса PDXL-2. Исследованы два образца бетона: 1 (образец № 3, контрольный) – без добавки SiO_2, 2 (образец № 3 «А») – с добавкой золя кремнезема, которая составляет 1,9 мас.% по твердой фазе SiO_2 относительно расхода цемента.

Таблица 5

Минеральные фазы в порошке кремнезема УФ-ВС

Минеральная фаза	Температура прокаливания			
	1100	750		500
		Внешняя сторона образца	Внутренняя, примыкающая к стенке кюветы сторона образца	
β-кристобалит	72,6	89,9	86,9	–
α-кристобалит	–	10,1	13,1	–
α-тридимит	21,7	–	–	–
α-кварц	5,7	–	–	–

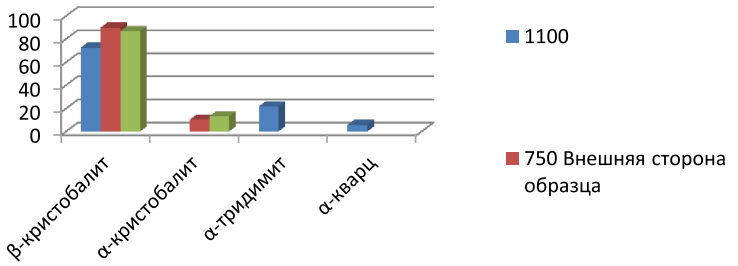


Рис. 4. Минеральный состав образца УФ-ВС при температурах прокаливания 1100, 750 и 500 °С

Таблица 6

Содержание минеральных фаз в порошках кремнезема УФ-ВС, GS, SN при температуре прокаливания 1100 °С

Минеральная фаза	УФ-ВС	GS		SN
		Внешняя сторона образца	Внутренняя, примыкающая к стенке кюветы сторона образца	
β-кристобалит	72,6	56,6	12,4	95,9
α-кристобалит	–	–	–	–
α-тридимит	21,7	–	–	–
α-кварц	5,7	43,4	87,6	4,1

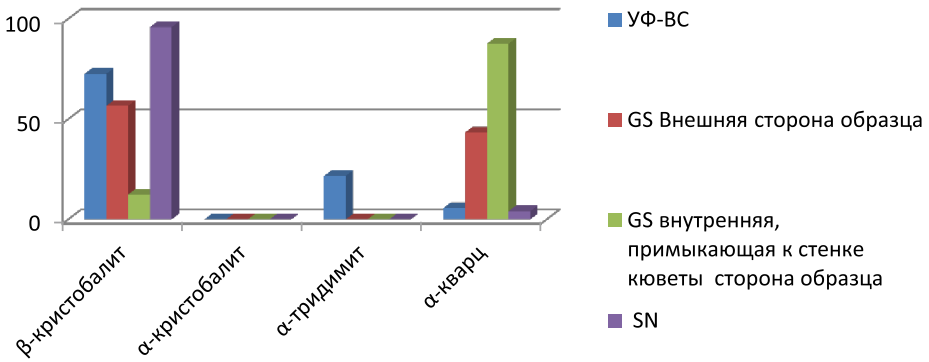


Рис. 5. Минеральный состав образцов УФ-ВС, GS, SN при температуре прокаливания 1100 °С

Таблица 7

Минеральный состав образцов бетона № 3 «А» и № 3 «контрольный»

Минералы	Состав	Образец № 3 «контр.», %	Образец № 3 «А»,%
кальцит	$CaCO_3$	41,2	57,0
альбит	$NaAlSi_3O_8$	9,4	5,5
анортит	$CaAl_2Si_2O_8$	6,2	5,7
алит	Ca_3SiO_5	21,4	15,1
белит	Ca_2SiO_4	15,3	8,0
феррит	Ca_2FeAlO_5	6,5	9,1

В обоих образцах бетона выявлено присутствие следующих минералов: кальцит ($CaCO_3$), альбит ($NaAlSi_3O_8$), анортит ($CaAl_2Si_2O_8$), алит (Ca_3SiO_5), белит (Ca_2SiO_4), феррит (Ca_2FeAlO_5). Первые три минерала представляют собой, по-видимому исходные компоненты при производстве цементного клинкера, алит, белит и феррит – стандартные компоненты цемента.

На рентгенограмме образца № 3 «А» в области углов 2Θ 20–30 град. виден след аморфного гало. Присутствие аморфного гало накладывает отпечаток на результат количественного анализа при определении концентрации компонентов в составе бетона методом корундового числа (RIR-метод). Кроме формы аморфного гало, согласно рентгенограмме в модифицированном бетоне (образец № 3 «А») по сравнению с контрольным образцом ниже содержание алита (Ca_3SiO_5), белита (Ca_2SiO_4), феррита (Ca_2FeAlO_5), но выше содержание кальцита $CaCO_3$ (преобразованного портландита $Ca(OH)_2$). Состав образцов, рассчитанный методом корундового числа представлен в (табл. 7).

Выводы

1. Методом рентгенофазового анализа установлено: аморфная структура нанопорошков SiO_2, полученных вакуумной сублимацией золей; компактирование нанопорошков SiO_2 при давлениях, характерных для проведенных экспериментов, не приводило к изменению аморфной структуры нанопорошков и появлению в спектрах рентгенофазового анализа минеральных фаз; прокаливание без компактирования нанопорошков также не приводило к образованию минеральных фаз и существенному изменению аморфной структуры, что указывает на влияние контакта поверхности частиц нанопорошка на скорость процесса кристаллизации при повышенной температуре.

2. Основная доля минеральных фаз, возникающих после компактирования и прокаливания нанопорошков, полученных вакуумной сублимацией золей, представлена β-кристобалитом; доля β-кристобалита составляет 70–90 мас.%; при относительно высокой температуре прокаливания 1100 °С в течение 2 ч в составе минеральных фаз появляется α-кварц, доля которого может составлять 5–10 мас.% и выше; при температуре прокаливания 1100 °С в составе минеральных фаз кроме β-кристобалита и α-кварца выявляется α-тридимит (до 20 мас.%); при температуре прокаливания 750 °С в составе минеральных фаз вместе с β-кристобалитом присутствует α-кристобалит (10–13 мас.%); при относительно низкой температуре прокаливания 500 °С в течение 2 ч аморфная структура не меняется и минеральные фазы не возникают.

3. Методом рентгенофазового анализа установлена аморфная структура образцов кремнезема, полученных удалением воды из золей, распределенных по твердой поверхности.

4. Установлено отличие концентраций минеральных фаз (портландит, гидраты кальций силикатов) в образцах наномодифицированного бетона (с добавкой золя SiO_2) по сравнению с контрольным образцом бетона, что, в принципе, дает возможность изучения механизма гидратации кальций силикатов, входящих в состав частиц цемента, и влияния на скорость и результаты этого процесса наночастиц SiO_2.

Список литературы

1. Физика твердого тела: Лабораторный практикум. В 2 т. / Под ред. проф. А.Ф. Хохлова. Том 1. Методы получения твердых тел и исследования их структуры. М.: Высш. шк., 2009. 364 с.

2. Суздалев И.П. Нанотехнология: Физико-химия нанокластеров, наноструктур и наноматериалов: изд. 2, испр. М.: Техносфера, 2009. 592 с.

3. Потапов В.В., Грушевская Е.Н., Леонович С.Н. Модифицирование гидротермальным нанокремнеземом материалов на основе цемента // Строительные материалы. 2017. № 7. С. 4–9.

4. Flores-Vivian I., Pradoto R.G.K, Moini M., Kozhukhova M., Potapov V., Sobolev K. The effect of SiO_2 nanoparticles derived from hydrothermal solutions on the performance of portland cement based materials. Frontiers of Structural and Civil Engineering. 2017. P. 1–10.

5. Мелихов И.В. Физико-химическая эволюция твердого вещества. М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 309 с.

6. Кравцов А.В., Цыбакин С.В., Евсеева Т.М., Соболев К.Г., Потапов В.В. Литые бетоны с использованием отходов медеплавильного производства и нанокремнезема // Вестник МГСУ. 2017. Т. 12. Вып. 9 (108). С. 1010–1018.

7. Нанотехнологии. Азбука для всех / Под ред. Ю.Д. Третьякова. М.: ФИЗМАТЛИТ, 2008. 368 с.

УДК 37.013.42:316.776.23

ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ УСЛОВИЯ ФОРМИРОВАНИЯ ГОТОВНОСТИ ОБУЧАЮЩИХСЯ КОЛЛЕДЖА К ПРОТИВОДЕЙСТВИЮ ВОВЛЕЧЕНИЮ В КИБЕРЭКСТРЕМИСТСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ

[1]Диденко Е.В., [1]Гафарова Е.А., [2]Диденко Г.А.

[1]ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный гуманитарно-педагогический университет», Челябинск, e-mail: ewgen_7483@mail.ru, gafarovaea@cspu.ru;

[2]ФГБОУ ВО «Южно-Уральский государственный медицинский университет», Челябинск, e-mail: pga80@mail.ru

Статья посвящена теоретическому обоснованию комплекса педагогических условий формирования готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность: 1) рефлексивно-ценностное сопровождение обучающихся при анализе ситуаций и выполнении заданий по информационной безопасности в киберпространстве; 2) формирование системы внутреннего противодействия вовлечению в киберэкстремистскую деятельность посредством реализации принципа предосторожности во время рефлексивно-ценностного сопровождения в учебной и внеучебной деятельности; 3) включение в проектные задания по дисциплинам информационного цикла в качестве содержательного контента информации юридического, технологического и акмеологического направлений профилактики киберэкстремизма. В статье подчеркивается, что рефлексивно-ценностное сопровождение направлено на оказание педагогического содействия формированию ценностных ориентаций личности, ее способности осознавать и анализировать процесс собственной деятельности в определенном направлении. В данном исследовании – это направление на противодействие личности обучающегося вовлечению в киберэкстремистскую деятельность. Принцип предосторожности заключается «в разграничении информации, ее детальном оценивании и принятии ответственного решения о ее трансляции с четким осознанием последствий». Рефлексивно-ценностное сопровождение и формирование системы внутреннего противодействия вовлечению в киберэкстремистскую деятельность в учебной деятельности осуществляется в процессе изучения дисциплин информационного цикла, в том числе при выполнении проектных заданий. В заключении статьи делается вывод о том, что реализация выделенного комплекса педагогических условий будет способствовать эффективному формированию готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность, позволит обучающимся качественно анализировать информацию в сети Интернет, выявлять проявления киберэкстремизма и противодействовать им, руководствуясь общечеловеческими ценностями.

Ключевые слова: киберэкстремизм, педагогические условия, формирование готовности обучающихся колледжа, система внутреннего противодействия вовлечению в киберэкстремистскую деятельность, принцип предосторожности, проектные задания

PEDAGOGICAL CONDITIONS OF FORMATION OF READINESS OF STUDENTS OF THE COLLEGE TO ADDRESSING THE INVOLVEMENT IN CYBERACTIVISTS ACTIVITIES

[1]Didenko E.V., [1]Gafarova E.A., [2]Didenko G.A.

[1]Federal State Budget Educational Institution of Higher Education South Ural State Humanitarian-pedagogical University, Chelyabinsk, e-mail: ewgen_7483@mail.ru, gafarovaea@cspu.ru;

[2]Federal State Budget Educational Institution of Higher Education South Ural State Medical University, Chelyabinsk, e-mail: pga80@mail.ru

The article is devoted to the theoretical substantiation of the selected complex of pedagogical conditions of formation of readiness of College students to counteract the involvement in cyber-extremist activities, considered in the complex: 1) reflexive-value support of students in the analysis of situations and tasks on information security in cyberspace; 2) formation of a system of internal counteraction to involvement in cyber-extremist activities through the implementation of the precautionary principle during reflexive-value support in educational and extracurricular activities; 3) inclusion in the project tasks on the disciplines of the information cycle as the content of information of legal, technological and acmeological directions of prevention of cyber-extremism. The article emphasizes that the reflexive value support is aimed at providing pedagogical assistance to the formation of value orientations of the individual, its ability to understand and analyze the process of their own activities in a certain direction. In our study, it is a direction to counteract the personality of the student to engage in cyber-extremist activities. The precautionary principle is «division of information, its detailed assessment and making responsible decisions about her broadcast with a clear awareness of the consequences». Reflexive-value support and formation of a system of internal counteraction to involvement in cyber-extremist activities in educational activities is carried out in the process of studying the disciplines of the information cycle, including the implementation of project tasks. In conclusion, the article concludes that the implementation of the selected set of pedagogical conditions will contribute to the effective formation of the readiness of College students to counteract the involvement in cyber-extremist activities, allow students to qualitatively analyze information on the Internet, identify manifestations of cyber-extremism and counteract them, guided by universal values.

Keywords: cyber-extremism, pedagogical conditions, formation of readiness of students of College, counteraction to involvement in cyber-extremist activity, system of internal counteraction to involvement in cyber-extremist activity, the precautionary principle, project tasks

В условиях активного применения информационных технологий во всех областях жизни людей и роста киберугроз, включающих распространение информации экстремистского характера, актуализируется проблема подготовки квалифицированных специалистов на всех уровнях профессионального образования к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность, в том числе обучающихся колледжа как специалистов среднего звена. Согласно Федеральному закону РФ «Об образовании в Российской Федерации», «среднее профессиональное образование направлено на решение задач интеллектуального, культурного и профессионального развития человека и имеет целью подготовку квалифицированных рабочих или служащих и специалистов среднего звена по всем основным направлениям общественно полезной деятельности в соответствии с потребностями общества и государства, а также удовлетворение потребностей личности в углублении и расширении образования» [1]. Реализация данных потребностей у обучающихся в современном обществе не может обойтись без воспитания гражданственности, патриотизма, привития общечеловеческих и культурных ценностей, подготовки обучающихся к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность.

Под готовностью обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность будем понимать «сложное, динамично развивающееся качество личности обучающегося, проявляющееся на субъективном уровне в виде системы, которая интегрирует в себе когнитивно-целевой, процессуально-рефлексивный и аксиологический компоненты…» [2].

Цель исследования состоит в теоретическом обосновании и экспериментальной проверке комплекса педагогических условий формирования готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность.

Одной из задач исследования является выявление и теоретическое обоснование комплекса педагогических условий формирования готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность. В рамках данной статьи мы раскроем результаты решения данной задачи.

Материалы и методы исследования

Для решения задачи исследования использовались следующие теоретические научные методы: изучение психолого-педагогической, методической, философской литературы и диссертационных исследований по изучаемой проблеме, теоретический анализ, понятийный анализ, обобщение существующих исследований по данной теме.

Учитывая различные подходы к пониманию содержания понятия «педагогические условия», мы под педагогическими условиями формирования готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность понимаем совокупность мер учебно-воспитательного процесса, соблюдение которых способствует переходу обучающихся колледжа на более высокий уровень сформированности их готовности к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность.

Основными путями к выявлению педагогических условий формирования готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность являются следующие: учет социального заказа общества на подготовку квалифицированных специалистов среднего звена; учет специфики среднего профессионального образования; использование возможностей теоретико-методологических подходов (системно-процессного, аксиологического, личностно-деятельностного, рефлексивного подходов); выявление особенностей подготовки обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность. При определении педагогических условий мы придерживались мнения Н.М. Яковлевой, согласно которому совершенствование педагогического процесса достигается не за счет отдельных, случайно выбранных условий, а их взаимосвязанного комплекса [3].

Опираясь на данные положения, мы пришли к выводу, что наиболее значимыми, существенно влияющими на эффективность формирования готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность являются следующие педагогические условия, рассматриваемые в комплексе:

1. Рефлексивно-ценностное сопровождение обучающихся при анализе ситуаций и выполнении заданий по информационной безопасности в киберпространстве.

2. Формирование системы внутреннего противодействия вовлечению в киберэкстремистскую деятельность посредством реализации принципа предосторожности во время рефлексивно-ценностного сопровождения в учебной и внеучебной деятельности.

3. Включение в проектные задания по дисциплинам информационного цикла в качестве содержательного контента информации юридического, технологического и акмеологического направлений профилактики киберэкстремизма.

Выделенные педагогические условия образуют комплекс, так как они взаимосвязаны, объединены общей целью, взаимно дополняют друг друга в совокупности и позволяют обеспечить готовность обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность, поскольку каждое из условий способствует формированию компонентов (аксиологического, процессуально-рефлексивного и когнитивно-целевого) системы готовности.

Раскроем сущность выделенных нами условий при подготовке обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность.

Понятие «сопровождение» определяется в исследованиях ученых как «особая форма осуществления пролонгированной социальной и психологической помощи – патронажа» (Н.Г. Осухова) [4, с. 5]; «деятельность, обеспечивающая создание условий для

принятия субъектом развития оптимального решения проблем жизненного выбора» (Е.И. Казакова, А.П. Тряпицына) и др. Важным моментом в данных определениях является то, что сопровождение подразумевает взаимодействие сопровождающего и сопровождаемого с целью создания для него благоприятных условий в принятии решения в различных ситуациях жизненного выбора. Для нашего исследования важно разобраться с понятием «педагогическое сопровождение». С точки зрения В.А. Сластенина, педагогическое сопровождение – это «процесс заинтересованного наблюдения, консультирования, личностного участия, поощрения максимальной самостоятельности ученика в проблемной ситуации при минимальном по сравнению с поддержкой участии педагога» [5, с. 129].

Г.Я. Гревцева и М.В. Циулина, рассматривая педагогическое сопровождение как «создание социально-культурных, организационно-управленческих условий, обеспечивающих решение ценностно значимых, исследовательских (педагогических) задач в процессе профессиональной подготовки обучающихся вуза», делают акцент на рефлексию и ценности [6]. Педагогическое сопровождение с акцентом на рефлексию и ценности рассматривается учеными как рефлексивно-ценностное. В сфере образования происходит усвоение обучающимся основных общечеловеческих ценностей и формируются соответствующие ценностные ориентиры, которые определяют модель поведения личности в разных жизненных ситуациях.

Рефлексия, как составляющая рефлексивно-ценностного сопровождения, в нашем исследовании обеспечивает формирование личностного оценочного отношения обучающегося колледжа к совершаемой им деятельности в сети Интернет, без чего невозможно формирование готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность.

Создание условий, определение форм и методов деятельности составляют ядро рефлексивно-ценностного педагогического сопровождения. Формирование готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность может осуществляться посредством оказания преподавателем помощи, содействия, поддержки, которые обеспечивают эффективность данного процесса. При этом главным является то, что рефлексивно-ценностное сопровождение направлено на оказание педагогического содействия формированию ценностных ориентаций личности, ее способности осознавать и анализировать процесс собственной деятельности в определенном направлении. В нашем исследовании – это направление на противодействие личности обучающегося колледжа вовлечению в киберэкстремистскую деятельность.

Исходным положением для формирования теоретических основ педагогического сопровождения является личностно-деятельностный подход, в логике которого субъект деятельности сам определяет свое личностное развитие через деятельность и общение и несет за свой выбор ответственность. Поэтому одна из главных задач рефлексивно-ценностного сопровождения процесса формирования готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность не только оказать своевременную помощь и поддержку личности, но и научить ее выбирать различные альтернативы, самостоятельно преодолевать трудности, разбираться в сути проблемной ситуации и находить план ее решения. Рефлексивно-ценностное сопровождение играет важную роль в подготовке обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность в связи с психологическими особенностями данной возрастной группы, т.е. юношеского возраста. В этот период молодежи присущи односторонность оценок, категоричность, нетерпимость, максимализм, когда действительность кажется мрачной. Такое видение жизни проявляется социальной критикой, негативизмом, внутренней напряженностью и как следствие – вступлением в ряды экстремистов. Рефлексивно-ценностное сопровождение учебной деятельности обучающихся выполняет компенсаторную и адаптивную функции. Компенсаторная функция направлена на облегчение процесса обучения с поддержкой и помощью педагога при анализе и решении задач по безопасности информации в сети Интернет и профилактике киберэкстремизма. Адаптивная функция связана с поддержанием комфортных условий протекания учебного процесса и направлена на формирование личностного оценочного отношения обучающегося к совершаемой им деятельности в киберпространстве. Для более эффективного формирования готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность во время рефлексивно-ценностного сопровождения в учебной и внеучебной деятельности необходимо обеспечить формирование системы внутреннего противодействия вовлечению в киберэкстремистскую деятельность посредством реализации принципа предосторожности.

Принцип предосторожности заключается «в разграничении информации, ее детальном оценивании и принятии ответственного решения о ее трансляции с четким осознанием последствий» [7]. Важно понимать, что следовать этому принципу и признавать ответственность за свою деятельность будут люди не на принципах цензуры, а только добровольно на основе нравственных ограничений.

Нравственные ограничения Н.В. Жадунова и Е.А. Коваль понимают как «самопонуждение к нормативному поведению». Чтобы сохранить систему ценностных ориентаций для конструктивного социального взаимодействия студент по собственной воле ограничивает реализацию тех действий, которые противоречат ее собственным нормативным (религиозным, моральным, правовым и др.) убеждениям. Принцип предосторожности является инструментом коллективного сознания, когда напрямую не вовлечённые в киберэкстремизм люди сдерживают личную, а опосредованно, и групповую агрессию путем ответственного отношения к собственным сообщениям, «перепостам», «лайкам», транслируемым через сеть Интернет на широкую аудиторию [7].

Рефлексивно-ценностное сопровождение и формирование системы внутреннего противодействия вовлечению в киберэкстремистскую деятельность в учебной деятельности осуществляется нами в процессе изучения дисциплин информационного цикла, в том числе при выполнении проектных заданий. Проектное задание представляет собой самостоятельную работу обучающихся, направленную на разработку информационных объектов при поддержке преподавателя. Полученные новые знания в результате выполнения проектного задания будут практическим результатом или идеальным информационным продуктом, предметом – информация, которая изучается

и используется для разработки проекта, а информационный объект – объектом учебной деятельности.

В проектные задания по дисциплинам информационного цикла включено создание следующих информационных объектов: разработка презентаций, электронных учебных пособий, компьютерных тестов, сайтов. Например, при изучении программы PowerPoint студенты знакомятся с возможностями этой программы, ее интерфейсом. На практике студенты разрабатывают самостоятельно презентации, содержательным наполнением которых является информация по профилактике киберэкстремизма. Темы содержательного контента формулируются преподавателем и выдаются студентам на занятии. В ходе выполнения подобных проектных заданий у обучающихся формируются четкие представления о киберэкстремистской деятельности, методах вовлечения в данный вид деятельности и способах противодействия этому явлению; формируются информационные умения противодействия угрозам в сети Интернет и ценностные ориентации личности в ситуациях вовлечения в киберэкстремистскую деятельность.

Для эффективной подготовки обучающихся колледжа к противодействию киберэкстремистской деятельности содержательный контент проектов возможно разделить согласно направлениям профилактики киберэкстремизма на юридический, технологический и акмеологический. Юридический контент включает в себя нормативно-правовую базу Российской Федерации, например Федеральный закон Российской Федерации от 25 июля 2002 г. № 114-ФЗ «О противодействии экстремистской деятельности», Федеральный закон Российской Федерации от 6 марта 2006 г. № 35-ФЗ «О противодействии терроризму», Указ Президента Российской Федерации от 12 мая 2009 г. № 537 «О Стратегии национальной безопасности Российской Федерации до 2020 г.», стратегию противодействия экстремизму в РФ до 2025 г. Технологический контент включает в себя информацию о программно-технических средствах анализа и фильтрации трафика в сети Интернет, средствах защиты от противоправного контента, компьютерных атак и т.д. Акмеологический контент включает в себя информацию о духовно-нравственном воспитании, воспитании межэтнической и межконфессиональной дружбы, патриотизма и гражданственности, культуры мирного поведения, о формировании системы ценностей у молодого поколения по противодействию киберэкстремистской деятельности.

Результаты исследования и их обсуждение

В результате проведенного исследования нами выделен комплекс педагогических условий формирования готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность. В процессе реализации комплекса происходит формирование компонентов (аксиологического, процессуально-рефлексивного и когнитивно-целевого) системы готовности: во время рефлексивно-ценностного сопровождения обучающихся осуществляется формирование ценностных ориентаций личности в отношении отрицания идей киберэкстремизма; посредством реализации принципа предосторожности происходит формирование системы внутреннего противодействия вовлечению в киберэкстремистскую деятельность; при выполнении проектных заданий, содержащих информацию юридического, технологического и акмеологического направлений профилактики киберэкстремизма, происходит овладение обучающимися знаний о киберэкстремистской деятельности и формируются информационные умения противодействия угрозам в сети Интернет.

Выводы

Таким образом, выделенный комплекс педагогических условий будет способствовать эффективному формированию готовности обучающихся колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность, а также развитию рефлексивной позиции с опорой на ценности и идеалы, критическому восприятию информации, получению знаний о киберэкстремизме, формированию умений безопасной работы с информацией в сети Интернет. Перспективы дальнейшего исследования проблемы мы видим: в теоретическом обосновании введения в адаптированную структурно-функциональную модель формирования готовности студентов колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность выделенного комплекса педагогических условий; в экспериментальной проверке выделенного комплекса педагогических условий; в разработке и апробации методики формирования готовности обучающихся колледжей к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность.

Список литературы

1. Федеральный закон от 29.12.2012 № 273-ФЗ (ред. от 07.03.2018) «Об образовании в Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_140174/ (дата обращения: 06.04.2019).

2. Доколин А.С. Формирование готовности студентов колледжа к противодействию вовлечению в киберэкстремистскую деятельность: дис. ... канд. пед. наук: 13.00.08. Магнитогорск, 2017. 196 с.

3. Яковлев Е.В., Яковлева Н.О. Педагогическое исследование: содержание и представление результатов. Челябинск: Изд-во РБИУ, 2010. 317 с.

4. Осухова Н.Г. Психологическое сопровождение личности в кризисных ситуациях: опыт эмпирического исследования: монография. М.: Варсон, 2008. 400 с.

5. Педагогическая поддержка ребенка в образовании: учеб. пособие для студентов вузов, обучающихся по пед. специальностям / Под ред. В.А. Сластенина, И.А. Колесниковой. М.: Academia, 2006. С. 130–133.

6. Гревцева Г.Я., Циулина М.В. К анализу понятия «рефлексивно-ценностное сопровождение профессиональной подготовки студентов вуза» // Современные проблемы науки и образования. 2016. № 2. URL: http://www.science-education.ru/ru/article/view?id=24440 (дата обращения: 24.03.2019).

7. Жадунова Н.В., Коваль Е.А. Нравственные ограничения как условие противодействия террористической идеологии // Казанский педагогический журнал. 2015. № 6. С. 130–134.

УДК 374.73

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ ГЕРОНТООБРАЗОВАНИЯ В РОССИИ

[1]Мосина О.А., [2]Гонежук А.Г.

[1]ФГБОУ ВО «Кубанский государственный университет», Краснодар, e-mail: kuvshinovaoa@mail.ru;
[2]ФГБОУ ВО «Адыгейский государственный университет», Институт физической культуры и дзюдо, Майкоп, e-mail: kuvshinovaoa@mail.ru

В данной статье авторы поднимают проблему организации образовательного пространства для людей пожилого возраста, где на первом месте находятся приоритеты пожилого обучающегося. Основное внимание сосредоточено на том, что геронтообразование должно быть ориентировано на создание возможностей, расширяющих спектр использования личностных ресурсов геронтов при решении социальных проблем и задач посредством специальной организации и вовлечения людей пожилого возраста в общественно полезную добровольческую деятельность; удовлетворение образовательных и познавательных потребностей людей пожилого возраста возможно посредством ориентации содержания образования на индивидуальные и групповые запросы потенциальных обучающихся; содержание образования людей пожилого возраста должно обеспечивать возможности для поддержки и укрепления психологического, социального и физического здоровья пожилых обучающихся посредством реализации образовательных программ соответствующей направленности. Значимость развития системы геронтообразования в современных условиях определяется следующими эффектами: для государства – деятельное включение активной части населения старших возрастов в социальные процессы, снижение дефицита трудовых и социальных ресурсов; для системы образования – популяризация гуманитарного и социального знания, развитие идеи наставничества в образовательном процессе молодого поколения, совершенствование кадрового потенциала; для пожилых – актуализация в социальном пространстве, стимулирование интеллектуального и физического развития, межпоколенческая интеграция.

Ключевые слова: геронтообразование, образование людей пожилого возраста, ресурс людей пожилого возраста, актуализация личностного ресурса, организационно-педагогическое сопровождение

MODERN TRENDS MOREOVER, WE HAVE IN RUSSIA

[1]Mosina O.A., [2]Gonezhuk A.G.

[1]Kuban State University, Krasnodar, e-mail: kuvshinovaoa@mail.ru;
[2]Adyghe State University, Institute of physical culture and judo, Maykop, e-mail: kuvshinovaoa@mail.ru

In this article, the authors raise the problem of the organization of educational space for the elderly, where the priorities of the elderly student are in the first place. Focus on the fact that the elderly people education should be focused on creating opportunities that expand the range of use of the personal resources of the surveyed in solving social challenges through special organizations and involvement of elderly people in socially useful voluntary activities; meeting the educational and cognitive needs of older people is possible through the orientation of the content of education to the individual and group needs of potential students; the content of education of older people should provide opportunities to support and strengthen the psychological, social and physical health of older students through the implementation of educational programs of appropriate orientation. The importance of the development of the gerontological system in modern conditions is determined by the following effects: for the state – the active inclusion of the active part of the population of older ages in social processes, reducing the shortage of labor and social resources; for the education system – the popularization of humanitarian and social knowledge, the development of the idea of mentoring in the educational process of the younger generation, improving human resources; for the elderly – actualization in the social space, stimulating intellectual and physical development, intergenerational integration.

Keyword: geront education, education of elderly people, resource of elderly people, updating of personal resource, organizational and pedagogical support

Происходящие социально-демографические трансформации общественной системы последних десятилетий ясно демонстрируют необходимость в развития системы образования для людей пожилого возраста, позволяющего социально презентовать старость как территорию разнообразных возможностей, как общественный ресурс, способствующий развитию страны. Однако анализ дидактического потенциала отечественного геронтообразования позволяет резюмировать, что он не способен повысить результативность процесса обучения пожилых людей. Само поле геронтообразования может выступить только в качестве наличного потенциала результативности, а реальному ее свершению может способствовать только плодотворное взаимодействие субъектов образовательного процесса, которое в реальном измерении отсутствует. При этом современное педагогическое знание способно не только активизировать процесс сотрудничества внутри геронтологического образовательного пространства, но и развить и сформировать его новые грани посредством педагогических технологий [1, 2].

Не определенная в настоящее время траектория образования людей пожилого

возраста направляет вектор педагогических исследований на возможности использования человеческих ресурсов с целью обеспечения эффективной работы всех социальных и экономических систем. В зарубежной науке данное утверждение получило подтверждение в рамках зарубежных геронтопсихологических исследований (D.E. Balk (2014), M.M. Baltes (1996), R.J. Havighurst (1972), E. Kim (2015), C. Leget (2015), H.-J. Park (2015), E. Wijngaarden (2015) и др.), а также отечественных социологических (И.Ф. Албегова (2005), Т.М. Кононыгина (2009), Г.Г. Сорокин (2011) и др.) и психолого-педагогических (Н.А. Ермак (2008), М.А. Зыскина (2013) и др.) исследований.

Данными учеными установлена взаимосвязь между образовательными потребностями людей старшего поколения и содержанием образования, акцентировано внимание на возрастно-физиологических особенностях пожилых людей, включенных в процесс образования, что становится особенно актуальным в свете подготовки закона о повышении пенсионного возраста в России.

Цель исследования: теоретико-эмпирическое обоснование востребованности геронтообразования.

Предметом исследования является наличный ресурс людей пожилого возраста.

Материалы и методы исследования

Работа состояла из серии завершенных экспериментов, в ходе которых были аргументированы отдельные компоненты модели [3], в том числе – средства реализации ресурсно-функциональной концепции геронтообразования. Основная опытно–экспериментальная работа проводилась силами студентов и сотрудников факультета психологии, педагогики и коммуникативистики Кубанского государственного университета в условиях реального образовательного процесса. В эксперименте участвовали педагоги вуза – 28 человек, студенты, общее количество респондентов – 367 человек, люди пожилого возраста, общее количество респондентов – 4100.

При организации и проведении исследования были использованы следующие методы: опрос, тестирование, анкетирование, педагогическое наблюдение, экспертная оценка.

Результаты исследования и их обсуждение

Экспериментальная выборка была типологически выдержана и репрезентативна для данной целевой группы, так как основным квотируемым признаком являлся возраст опрашиваемых (от 55 до 72 лет [4]). Задачи, реализуемые в результате следующие:

1. Определение социального самочувствия пожилых людей.

2. Наличие определенного потенциала для получения образовательных услуг.

3. Исследование потребностей людей пожилого возраста в получении новых знаний и/или образования.

Социальное самочувствие является важным конструктом общественного сознания, интегрирующим многие аспекты взаимоотношений человека с обществом и отражающим реакцию человека на изменение условий жизни. Анализируя мнения отечественных специалистов, можно утверждать, что игнорирование изменений в структуре социального самочувствия пожилого населения может сегодня существенно замедлить динамику общественного прогресса [5].

В ходе анкетного опроса были получены результаты, демонстрирующие степень удовлетворения основных жизненных потребностей: питания, одежды и здоровья. Совокупный результат показал, что ухудшение питания, одежды и здоровья отметили 65,5% респондентов.

Изучение наличия потенциала лиц пожилого возраста к осуществлению различного рода деятельности показало, что 47% пожилых респондентов хотят путешествовать, этот ответ оказался приоритетным. Следующий по приоритетности ответ – «организация своего бизнеса» (20,7%) ненамного опередил ответ – продолжение трудовой деятельности и самообразование (19,6%).

Отдельного внимания заслуживают показатели, демонстрирующие реальное положение дел. Так, количество пожилых людей, продолжающих работать из группы опрошенных составляет 18,5%. Принимают активное участие в общественной жизни 73,8% опрошенных, а именно: 58% активизируются в общественной сфере «по мере необходимости»; 9,2% являются членами домовых комитетов; 6,6% являются участниками движения национального возрождения. Об участии в политической жизни страны и региона заявили 48,7%, а именно: являются членами партии – 4,6%; обязательно ходят на выборы – 39,5%; регулярно встречаются с депутатами – 4,6%.

Таким образом, большинство респондентов выбирает активное времяпрепровождение, которое приносит не только моральное удовлетворение, но и существенную материальную пользу. В целом уровень потенциальной и реальной активности группы пожилых достиг показателя 94,2%.

Полученные выводы стимулировали продолжение исследования, направленного на изучение потребностей людей пожилого возраста в получении новых знаний и/или образования. С этой целью были сформированы две фокус-группы. Участники фокус-групп отбирались на базе «Комплексного

центра социального обслуживания населения» в Южном округе г. Оренбурга и ГБУ СО КК «Краснодарский комплексный центр социального обслуживания населения Карасунского округа».

Интерпретация высказываний позволила сделать обоснованное заключение. Так, 57% опрошенных указали на недостаток общения и получения новой информации. Они заметили, что круг общения значительно сократился после выхода на пенсию и прекращения профессиональной деятельности. В его границах остались близкие родственники (72%), друзья и коллеги по работе (23%). Отдельной строкой следует обозначить то, что 52% респондентов в качестве партнера по общению отметили телевизор, а 2,5% прохожих и «просто хороших людей».

Наличие потребности в духовном и познавательном развитии обозначили 72% респондентов, среди них 56% отметили, что хотели бы удовлетворить их посредством путешествий. Причем территориально особых ограничений никто не отметил – это и зарубежные поездки, и туристические экскурсии по своей стране и ближнему зарубежью. Пожилые люди хотят посмотреть на исторические памятники, познакомиться с другой природой, увидеть иной быт и уклад жизни.

Большинство опрошенных указали на наличие потребности в такой литературе, которая бы отвечала их интересам. В то же время пожилые респонденты заметили, что целый ряд злободневных, социальных передач на телевидении вполне соответствует сфере их интересов.

Значимым для проведенного исследования явилось то, что определенная часть опрошенных (6,2%) являются людьми довольно активными. Они регулярно посещают мероприятия, организуемые библиотеками, комплексными центрами социального обслуживания населения, дискуссионные политические площадки и т.д. Кроме того, 9,4% являются постоянными посетителями культовых заведений и мероприятий (службы в православных храмах, евангельские чтения, лютеранские богослужения и пр.).

Порядка 13% более двух раз в год посещают театры, музеи и выставки. Также необходимо отметить, что 37% пожилых людей увлекаются коллекционированием, причем более половины опрошенных занялись этим уже после выхода на пенсию. Интересы в данной области достаточно широкие – это марки и монеты, стеклянные бутылки и глиняная посуда, куклы и предметы интерьера и т.д.

Особого внимания в сфере обозначенных потребностей имеет наличие стремления помогать другим людям (38%). В основном речь идет о сверстниках, оказавшихся в трудной жизненной ситуации, и обездоленных детях. Спектр предлагаемых услуг довольно разнообразен: от хозяйственных дел и помощи в подготовке уроков до оказания профессиональной психолого-педагогической помощи трудным детям и подросткам.

Однако и здесь пожилые респонденты отмечают существенные проблемы, решение которых могло бы способствовать активизации их деятельности. В первую очередь – это недостаток специалистов, способных организовать и наладить регулярную работу по оказанию посильной помощи и взаимопомощи пожилыми людьми.

Следующая рассматриваемая нами потребность – в личностном развитии. На сегодняшний день 47% опрошенных хотят изменить свою жизнь. Причем это касается не столько материального обеспечения, сколько качественно иного образа жизни. 45% четко знают, чем бы они хотели заниматься и готовы заниматься. При этом пожилые люди отмечают отсутствие возможности организовать свою общественную жизнь в связи с тем, что не существует специально оборудованных территорий или специализированных организаций, направленных на работу только с данной возрастной категорией людей. Значительным упущением опрошенные считают отсутствие специалистов по работе с людьми пожилого возраста.

Кроме того, проведенное исследование показало, что 94% опрошенных признают необходимость получения новых знаний в пожилом возрасте. Причем 71% респондентов высказали готовность в реализации обучающих программ при условии, что тематика этих программ будет отвечать их интересам и не будет слишком затратной в материальном отношении.

Таким образом, становится очевидным, что наиболее востребованными ввиду соответствия потребностям людей пожилого возраста являются следующие направления и содержание образования (табл. 1).

Исходя из данных, отраженных в таблице, возможно выделить несколько актуальных направлений геронтообразования:

– психолого-педагогическое, направленное на выявление способностей и интересов пожилых людей к обучению, при условии сохранения / поддержания психологического здоровья;

– образовательное, направленное на получение новых знаний, умений, навыков, компетенций, в соответствии с возрастом;

Таблица 1

Потребностно-ориентированные направления
и содержание образования людей пожилого возраста

№ п/п	Потребности, желания, необходимости людей пожилого возраста	Содержание, направления образования людей пожилого возраста
1	Открыто выражать свое мнение	Дискуссионный клуб, группы общения
2	Обучиться работе с гаджетами	Основы компьютерной грамотности
3	Активная общественная позиция	Участие в культурно-массовых мероприятиях, вовлечение в художественное творчество, выставки творческих работ, участие в круглых столах, диспутах
4	Путешествовать и узнавать новое	Экскурсионная деятельность
5	Реализовать здоровый образ жизни	Оздоровительные занятия, реализация на практике основ здорового образа жизни

– досуговое, направленное на организацию продуктивной трудовой и социальной деятельности;

– физкультурно-оздоровительное, направленное на формирование здорового, активного образа жизни.

В целом результаты диагностики показали, что потребность в обучении среди пожилых действительно существует, а проблема организации специализированного образовательного пространства для людей пожилого возраста является достаточно актуальной. Причем, с одной стороны, образовательное пространство должно учитывать нематериальные образовательные потребности людей пожилого возраста (в духовном, личностном развитии и т.д.), а с другой, соответствовать их объективным (материальным) требованиям.

Следовательно, потребность в разработке новой технологии образования людей пожилого возраста проявляется достаточно рельефно. Такая технология должна решить ряд проблем, связанных со спецификой обучения людей пожилого возраста, а именно: формирование субъект-субъектных отношений внутри геронтологического образовательного пространства, создание атмосферы доверия; оказание помощи в адаптации к образовательному процессу и пространству, формирование корпуса профессиональных специалистов; развитие/реконструкция умений и навыков зоны ближайшего развития личности пожилого человека и активировать процесс вторичной социализации за счет формирования навыков и умений, связанных с новыми видами деятельности; коммуникативные навыки; наличие знаний и практика здорового образа жизни; вовлеченность в общественную деятельность; личностный рост.

В контексте представленного исследования данную технологию возможно обозначить как технологию организационно-педагогического сопровождения, которая обладает системной структурой, консолидирующей управленческий потенциал образовательной организации с сопровождаемой группой обучающихся людей пожилого возраста, и направлена на повышение результативности сферы геронтообразования.

Справедливость выбора данной технологии как ведущей в геронтообразовании подтвердили посредством экспертного оценивания. Экспертами выступили сами геронты и педагоги – участники проекта «Centre for the Third Age Education Создание центров повышения квалификации граждан третьего возраста: 544517-TEMPUS-1-2013-1-IT-TEMPUS-JPHES (CTAE)» от ФГБОУ ВО КубГУ (Кубанского государственного университета), а также ФГБОУ ВО СПбГУПТБ (Санкт-Петербургский Государственный университет промышленных технологий и дизайна) – по пять человек в каждой группе, итого: 20.

Экспертам была лаконично изложена суть технологии организационно-педагогического сопровождения в сравнении с другими технологиями геронтообразования, разработанными современными отечественными специалистами, а также предложено оценить степень своего согласия с утверждением о том, что данная технология является наиболее приемлемой в геронтообразовании. Результаты отражены в табл. 2.

Следовательно, в представленной интерпретации технология организационно-педагогического сопровождения признается экспертами как ведущая технология геронтообразования. При этом признанная значимость других приоритетных технологий подтверждает целесообразность выделенных нами в содержании приоритетных направлений геронтообразования.

Таблица 2

Экспертная оценка технологии организационно-педагогического сопровождения

Технология геронтообразования	да	скорее да, чем нет	скорее нет, чем да	нет
Оздоровительно-образовательная технология	70%	15%	10%	5%
Коммуникативные технологии	65%	15%	10%	–
Компьютерные технологии	80%	20%	–	–
Технология организационно-педагогического сопровождения	100%	–	–	–

Выводы

Таким образом, проведенное исследование позволяет определить организационно-педагогическое сопровождение как ведущую технологию геронтообразования, выстроенную с учетом наличного социального самочувствия людей пожилого возраста, их образовательным потенциалом и познавательными потребностями, что позволяет наметить перспективные векторы дальнейшего исследования по вопросам образования людей пожилого возраста, выбора направлений геронтообразования и разработке соответствующих образовательных программы, определении дидактических средств, в совокупности, обеспечивающие актуализацию и развитие личностных ресурсов людей пожилого возраста.

Список литературы

1. Мосина О.А., Матайс А.С. Геронтообразование в контексте парадигмы непрерывного образования // Историческая и социально-образовательная мысль. 2016. Т. 8. № 5–3. С. 109–111.

2. Яковлев Е.В., Яковлева Н.О. Инновационные виды педагогического сопровождения // Вестник Челябинского государственного педагогического университета. 2015. № 8. С. 101–106.

3. Меретукова З.К. Научно-методологический аппарат педагогических исследований // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 3: Педагогика и психология. 2007. № 3. С. 47–52.

4. Кувшинова О.А. Проблема старения в современном российском обществе: социально-демографический аспект // Вестник Поволжского института управления. 2010. № 1. С. 139–145.

5. Грибова Е.В. Специфика общественного благосостояния как фактора формирования устойчивого развития. Новосибирск: Изд-во ООО «Центр развития научного сотрудничества», 2014. С. 11–30.

УДК 378.14:372.811.111.1

ИНТЕГРИРОВАННАЯ МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ КОММУНИКАТИВНЫХ НАВЫКОВ БУДУЩЕГО ПРЕПОДАВАТЕЛЯ-ИССЛЕДОВАТЕЛЯ

Ольховик Н.Г., Липатова Е.Г.

ФГБОУ ВО «Северо-Западный государственный медицинский университет имени И.И. Мечникова» Минздрава России, Санкт-Петербург, e-mail: olkhovik.nataliya@gmail.com, Ekaterina.Lipatova@szgmu.ru

Актуальные ФГОС ВО по всем направлениям аспирантуры существенно изменили цели и задачи иноязычного образования будущих преподавателей-исследователей, сфокусировав их на формировании профессиональных навыков для научной и преподавательской сферы общения. Коммуникативный навык выпускников аспирантуры является ключевым для выполнения задач их профессиональной деятельности. Дисциплина «Иностранный язык» может внести вклад в формирование коммуникативной компетенции будущих специалистов, а также в процесс их интеграции в международное научно-педагогическое сообщество. Предлагаемая интегрированная методика направлена на подготовку аспиранта медицинского вуза к будущей профессиональной деятельности и, в то же время, на создание единого образовательного пространства, которое активизирует обучающий, индивидуальный и мотивационный компоненты учебного процесса. Инновационные педагогические подходы к обучению (flipped classroom), аудиторной работе на основе сценариев (scenario-based learning) и организации самостоятельной работы посредством онлайн-ресурса позволяют объединить цели и задачи аудиторной и самостоятельной работы, а также создать установки на непрерывное развитие и совершенствование в личностном и профессиональном аспектах. Представленные авторами данные мониторинга и оценки интегрированной методики формирования коммуникативных навыков доказывают оправданность ее внедрения в процесс иноязычной подготовки слушателей аспирантуры, что подтверждается высокими положительными результатами проведенного анкетирования среди аспирантов и преподавателей, вовлеченных в ее апробацию.

Ключевые слова: интегрированная методика формирования коммуникативных навыков, коммуникативные навыки преподавателя-исследователя в медицинской сфере, единое образовательное пространство, аудиторная работа, самостоятельная работа, flipped classroom, коммуникативный сценарий, онлайн-ресурс

INTEGRATED METHODOLOGY OF COMMUNICATION SKILLS DEVELOPMENT FOR FUTURE RESEARCHERS AND ACADEMICS

Olkhovik N.G., Lipatova E.G.

Federal State Educational Institute of Higher Education North-Western State Medical University named after I.I. Mechnikov, Saint Petersburg, e-mail: olkhovik.nataliya@gmail.com, Ekaterina.Lipatova@szgmu.ru

The present Federal State Educational Guidelines of Higher Education in all areas of postgraduate studies have significantly changed the goals and objectives of foreign language education of future researchers and academics, focusing it on the formation of professional skills for the scientific and teaching spheres of communication. The communicative skill of postgraduate students is the key one for performing tasks related to their professional sphere. The «Foreign Language» discipline can make a contribution to the formation of future specialists' communicative competence as well as to the process of their integration into the international scientific and pedagogical community. The proposed integrated methodology is aimed at preparing a postgraduate at a medical university for future professional activities and, at the same time, at creating blended learning environment that activates the teaching, individual and motivational components of the educational process. Innovative pedagogical approaches to teaching (flipped classroom), classroom scenario-based work (scenario-based learning) and self-directed study organization by means of an online resource allow to combine the goals and objectives of contact hours and self-directed study, as well as create orienting points for personal and professional continuing self-development and improvement. The presented monitoring and evaluation results of the integrated methodology of communication skills development prove the justification of its introduction into the postgraduate students' foreign language training process, as evidenced by the highly positive results of the survey among postgraduate students and academics involved in its testing.

Keywords: integrated methodology for communication skills development, communication skills of medical researcher and academic, blended learning environment, self-directed study, flipped classroom, communication scenario, online resource

Традиционно целями и задачами иноязычной подготовки аспирантов, обучающихся по всем направлениям подготовки в Российской Федерации, было формирование готовности свободно читать специальную литературу на иностранном языке, переводить и реферировать тексты на русский язык, а также готовить доклады, статьи, сообщения по теме своего научного исследования [1]. Объективно отметим, что коммуникативный компонент как таковой не включался ранее ни в формируемые компетенции, ни в процесс реализации самого курса.

Принятые в 2014 г. ФГОС ВО по направлениям аспирантуры значительно модернизировали систему иноязычного образования аспирантов, ориентировав ее, во-первых, на новые цели медицинской аспирантуры – подготовку преподавателя-исследователя, во-вторых, на формирование коммуникативных навыков в академической деятельности [2].

Универсальные компетенции действующих стандартов по медицинским направлениям подготовки в аспирантуре (УК-3 и УК-4) сегодня требуют введения в процесс реализации дисциплины «Иностранный язык» новых педагогических подходов, форм учебной работы и методов, которые будут направлены на подготовку выпускника к успешной коммуникации: готовность участвовать в работе российских и международных исследовательских коллективов по решению научных и научно-образовательных задач и использовать современные методы и технологии научной коммуникации на государственном и иностранном языках [2].

Особую актуальность с точки зрения модернизации процесса иноязычного образования данные цели современных ФГОС обретают для учащихся медицинских направлений подготовки в аспирантуре, поскольку на предыдущих уровнях образования коммуникативные навыки будущего преподавателя-исследователя не формируются ни на родном, ни на иностранном языках. Например, по окончанию обучения по специальности 31.05.01 «Лечебное дело» выпускники получают квалификацию врача общей практики, а учебный план реализации данной образовательной программы включает, хотя и в ограниченном объеме, модули по развитию коммуникативных навыков в общении «врач – пациент» (дисциплина «Особенности диагностической, лечебной и профилактической деятельности врача общей практики в амбулаторных условиях», в рамках которой 4 академических часа отводится на формирование коммуникативных навыков).

Проанализировав требования ФГОС ВО, современных работодателей российской системы здравоохранения и европейские цели подготовки специалистов в научных медицинских исследованиях, мы пришли к выводу, что на современном этапе курс иностранного языка в аспирантуре медицинского вуза необходимо ориентировать на новые цели и задачи [3–5]. Данные ориентиры будут отражены в новых коммуникативных навыках выпускника аспирантуры медицинского вуза: формирование способности представлять результаты своего исследования на международных конференциях и симпозиумах, принимать участие в программах академической мобильности, публиковать результаты своих научных достижений в международных журналах, оформлять заявки на участие в международных грантовых программах, участвовать в разработке проектов между университетами и научно-исследовательскими организациями из разных стран, применять на практике знания особенностей научной этики, социокультурных норм межнациональной коммуникации, метаязыка научно-педагогической деятельности, способов разрешения возможных конфликтов между партнерами по академическому сообществу и т.п. [6]

Цель исследования: разработка и апробирование интегрированной методики, направленной на формирование коммуникативных навыков будущих преподавателей-исследователей в медицинской сфере.

Материалы и методы исследования

С учетом всех вышеперечисленных условий, выдвигаемых современным ФГОС, в 2017 г. на кафедре иностранных языков СЗГМУ им. И.И. Мечникова была разработана рабочая программа по дисциплине «Иностранный язык», которая на концептуальном и содержательном уровнях ориентирована на формирование коммуникативных навыков, необходимых для будущей профессиональной деятельности аспирантов, а также предлагает инновационную и эффективную методику организации учебной работы учащихся [7].

Разработчики программы столкнулись с проблемой методического обеспечения новой программы, вызванной крайне ограниченным выбором учебных и учебно-методических пособий по иноязычной подготовке в аспирантуре с учетом актуальных требований ФГОС.

Анализ представленных на российском рынке учебной литературы пособий показал, что большинство из них ориентированы лишь на успешную подготовку к сдаче экзамена кандидатского минимума в единичной отрасли науки и сосредоточены на развитии одного-двух видов речевой деятельности, преимущественно чтения, что ни в коей мере не способствует их использованию в качестве учебной литературы для формирования коммуникативных навыков в академической среде.

По мнению разработчиков программы, учебник «English for academics», составленный группой международных авторов и опубликованный в издательстве Кембриджского университета (Cambridge University Press), оказался наиболее подходящим для реализации программы, так как, во-первых, на содержательном уровне он полностью соответствует требованиям ФГОС по направлениям подготовки в аспирантуре и акцентирует внимание на составляющих успешной научно-академической карьеры, международном сотрудничестве и академической мобильности преподавателей вузов; во-вторых, его специфика подходит для слушателей, специализирующихся на разных научных областях; в-третьих, содержание учебника направлено на развитие всех видов речевой

деятельности (аудирование, чтение, письмо, говорение) и построено на основе аутентичных материалов междисциплинарного характера; в-четвертых, авторам удалось также заложить в его основу обучение социокультурному аспекту, включающему нормы межкультурной коммуникации и метаязыка научно-педагогической деятельности и другое [8].

Однако, учитывая универсальный характер содержания учебника, возникает необходимость создания дополнительных дидактических инструментариев, ориентированных на специфику общения отдельно взятого направления подготовки обучающихся.

Результаты исследования и их обсуждение

В курс иностранного языка в аспирантуре СЗГМУ им. И.И. Мечникова была заложена интегрированная методика формирования коммуникативных навыков будущего преподавателя-исследователя в медицинской области. Предлагаемая методика направлена на интеграцию в единое образовательное пространство инновационных педагогических подходов к обучению – flipped classroom («перевернутый класс»), онлайн-ресурса и коммуникативного сценария (scenario-based learning), что позволило объединить цели и задачи аудиторной и самостоятельной работы, а также создать установку на непрерывное саморазвитие на протяжении профессиональной жизни и повысить мотивацию в самосовершенствовании.

Подход flipped classroom является достаточно новым для российского педагогического пространства феноменом, трансформирующим традиционные принципы, последовательность и способы изучения той или иной темы дисциплины. Особый акцент при организации занятий в форме flipped classroom ставится на самостоятельную работу студентов и активизацию их мотивационных установок в подготовке к аудиторной работе [9].

Самостоятельная работа студентов, в свою очередь, контролируется через четкую презентацию основного содержательного компонента дисциплины для изучения в индивидуальном формате. В процессе проектирования ресурса для самостоятельного изучения студентами преподаватель учитывает их возрастные, психологические особенности, стиль учебной деятельности, способы ознакомления с материалом и выбирает наиболее подходящий метод презентации информации: видеолекции, задания по поиску информации в интернете, работа с информационными источниками и базами данных, упражнения на анализ и синтез теоретического материала в онлайн-формате и т.п. [10].

Неограниченный доступ к видеолекциям позволяет студентам индивидуально определять время и место своей учебной деятельности, что формирует такие личностные качества, как ответственность, самостоятельность, вовлеченность [11]. Еще одним объяснением эффективности этого метода является большее количество активного времени во время аудиторного занятия, что способствует лучшему пониманию темы занятия и организации различных форм взаимодействия между студентами.

Во время аудиторного занятия студентам предлагается выполнить несколько индивидуальных и групповых заданий, направленных на проверку понимания самостоятельно усвоенных знаний и на формирование практических навыков, актуальных для их будущей профессиональной деятельности. Задания для аудиторной работы презентуются в рамках деятельностного подхода к обучению и с такими инновационными методами учебной работы, как решение сценария [12], самостоятельная оценка успешности и корректности собственных действий по чек-листам [13], командная работа и т.д. Исходя из двухлетнего летнего опыта апробирования вышеописанных методов, отметим, что особую эффективность подход flipped classroom приобретает для процесса формирования коммуникативных навыков будущих специалистов любой сферы деятельности, поскольку ресурс самостоятельной работы и методы аудиторной работы являются гибкими и адаптивными с точки зрения содержательного наполнения и позволяют быстро и своевременно корректировать информативную и практическую составляющие курса в соответствии с актуальными изменениями формата профессионального общения в реальной ситуации.

Многочисленные международные исследования [14, 15] последних лет показали эффективность метода flipped classroom по отношению к традиционному обучению. Результаты экспериментов доказали, что метод flipped classroom улучшает успеваемость обучающихся, повышая их вовлеченность в процесс обучения, оказывая положительное влияние на мотивацию к изучению курса и самосовершенствованию в целом, поскольку формируют механизм самостоятельной учебной деятельности и максимально приближают процесс вузовской подготовки к реальной профессиональной деятельности.

Для методического обеспечения предлагаемой нами интегрированной методики формирования коммуникативных навыков будущих преподавателей-исследователей

составителями программы был разработан онлайн-ресурс, размещенный в локальной системе дистанционного обучения «Moodle». Он состоит из восьми занятий, темы которых полностью совпадают с заявленными в тематическом плане рабочей программы («Планирование научной карьеры», «Современное научное общество», «Выбор направления научного исследования», «Научные публикации», «Международные научные мероприятия», «Международное сотрудничество», «Профессионально-ориентированный перевод аутентичных научных текстов» и «Академическая мобильность преподавателей вузов»).

Структура каждого онлайн-занятия включает видеолекцию или презентацию по теме занятия, набор упражнений на проверку понимания, список функциональных фраз, а также электронный сценарий, связанный с определенным коммуникативным сбоем в научном общении.

Еще раз подчеркнем, что, учитывая кратковременность курса иностранного языка для аспирантов (общая трудоемкость составляет 180 академических часов, 48 из которых отводятся на аудиторную работу, а 96 – на самостоятельную), на этапе разработки курса было предложено интегрировать в аудиторное занятие два педагогических метода: flipped classroom и обучение на основе сценариев (scenario-based learning), что в дальнейшей способствовало его оптимизации и успешному достижению результата освоения дисциплины.

Организация аудиторной работы в форме flipped classroom позволила объединить все виды учебной деятельности, минимизируя возможные расхождения в целях и задачах аудиторной и самостоятельной работы аспирантов.

Перед каждым занятием аспиранты самостоятельно знакомятся с видеолекцией или презентацией по предстоящей теме занятия, выполняют задания на проверку понимания, знакомятся со списком функциональных фраз и изучают предлагаемый электронный сценарий.

В течение аудиторного занятия обучающиеся работают с уже подготовленным материалом: представляют собственные варианты решения сценария, разыгрывают собственный сценарий идеальной ситуации общения. Преподаватель выполняет роль ментора в ходе занятия, корректируя речевую деятельность учащихся. Языковая и речевая составляющая коммуникативных ситуаций общения реализуется на уровне выбора уместной лексики, грамматических конструкций и функциональных фраз для достижения целей сценария.

Так, например, при изучении темы «Международное сотрудничество» аспиранты самостоятельно просматривают пятиминутную видеолекцию о различных формах международного взаимодействия в академической среде, включающих участие в совместных образовательных проектах и исследованиях. Также слушатели узнают о возможностях различных европейских грантовых программах, их особенностях и специфике заполнения грантовых заявок. Далее обучающиеся выполняют ряд упражнений, направленных на общую и детальную проверку понимания прослушанного, изучают предложенные речевые модели, необходимые для описания программ совместного сотрудничества на иностранном языке, находят в интернете подходящую по теме их научно-квалификационной работы программу международного сотрудничества и с помощью речевых моделей готовят ее описание, отражая основные цели проекта, его актуальность, страны-участники и т.д.

После этого аспирантам предлагается ознакомиться с электронным сценарием, в котором представлен коммуникативный сбой. Изучив сценарий, аспиранты самостоятельно определяют время коммуникативного сбоя и предлагают свой вариант решения ситуации общения.

Во время очного занятия обучающиеся обсуждают и анализируют самостоятельно изученный материал, выполняют упражнения, предложенные преподавателем, представляют подобранные по теме научно-квалификационной работы международные программы, представляют собственные варианты решения сценария и в группах разыгрывают собственный сценарий идеальной ситуации общения.

Заключение

В ходе апробации предложенного коммуникативного курса по дисциплине «Иностранный язык», реализованного на основе интегрированной методики, производился постоянный мониторинг эффективности предлагаемых методов организации учебной деятельности и оценка динамики сформированности коммуникативных навыков аспирантов. Система мониторинга и оценки была представлена в форме чек-листов для определения корректности решения коммуникативных сценариев с точки зрения выбора речевой стратегии и тактики, способов решения конфликтной ситуации и уместности языкового оформления собственного высказывания.

Успешность выполнения контрольных сценариев повышалась у аспирантов в диа-

пазоне от 10% до 70% в зависимости от посещаемости занятий и своевременности выполнения онлайн-заданий (70% успешности продемонстрировали те слушатели, которые соответствовали методическим требованиям), что свидетельствует об эффективности предлагаемой методики. По окончании курса было проведено анкетирование на выявление уровня удовлетворенности результатами курса у аспирантов и преподавателей, которое подтвердило продуктивность предлагаемого курса (96% обучающихся выразили высокую степень удовлетворенности результатами курса и осознанную готовность к дальнейшему самосовершенствованию; все преподаватели, вовлеченные в создание и реализацию интегрированной методики, отметили ее оправданность в аспекте формирования коммуникативных навыков будущих преподавателей-исследователей в области медицины).

Данные мониторинга и оценки подтвердили перспективность и эффективность интегрированной методики формирования коммуникативных навыков, а также позволили своевременно корректировать процесс реализации предлагаемого курса.

Список литературы

1. Приказ Министерства образования и науки РФ от 30 июля 2014 г. № 871 «Об утверждении ФГОС ВО по направлению подготовки 06.06.01 Биологические науки (уровень подготовки кадров высшей квалификации)» [Электронный ресурс]. URL: http:// www.consultant.ru (дата обращения: 18.03.2019).

2. Программа-минимум кандидатского экзамена по общенаучной дисциплине «Иностранный язык» / Под общ. ред. И.И. Халеевой [Электронный ресурс]. URL: http://vak1.ed.gov.ru/ru/docs/?id54=12&i54=5 (дата обращения: 15.03.2019).

3. Атлас новых профессий [Электронный ресурс]. URL: http://www.atlas100.ru (дата обращения: 15.03.2019).

4. Kurtz S.M., Silverman J.D., Draper J. Teaching and Learning Communication Skills in Medicine. Radcliff Medical Press Ltd., Oxford, UK. 1998. P. 388.

5. Krupat E., Frankel R., Stein T., Irish J. The Four Habits Coding Scheme: validation of an instrument to assess clinicians' communication behavior. Patient Educ Couns. 2006. P. 38–45.

6. Ольховик Н.Г., Липатова Е.Г. Современный формат языковой подготовки выпускника аспирантуры // Иностранные языки в современном мире: сборник материалов XI Международной научно-практической конференции (г. Казань, 21–22 июня 2018 г.). Казань: Издательство Казанского (Приволжского) федерального университета, 2018. С. 313–318.

7. Ольховик Н.Г., Липатова Е.Г. Рабочая программа дисциплины «Иностранный (английский) язык» образ. программы ВО программы подготовки научно-пед. кадров в аспирантуре по направлениям подготовки 30.06.01 «Фундаментальная медицина» и др. [Электронный ресурс]. URL: http: szgmu.ru/rus/s/686/ (дата обращения: 09.03.2019).

8. Bezzabotnova O., Bogolepova S., Gorbachev V., Groza O., Ivanova A., Kuzmina T., Oschepkova T., Pervukhina I., Shadrova E., Shelenkova I., Suchkova S. English for Academics. Book 1. Book with online audio. Cambridge: CUP, 2014. 176 p.

9. Abeysekera L., Dawson P. Motivation and cognitive load in the flipped classroom: Definition, rationale and a call for research. Higher Education Research and Development. 2015. vol. 34. no. 1. P. 1–14. DOI: 10.1080/07294360.2014.934336.

10. Day L.J. A gross anatomy flipped classroom effects performance, retention, and higher – level thinking in lower performing students. American Association of Anatomists. 2018. DOI: 10.1002/ase.1772.

11. Awidi I.T., Paynter. M. The impact of a flipped classroom approach on student learning experience. Computers & Education. 2018. P. 269–283. DOI: 10.1016/j.compedu.2018.09.013.

12. Woodham L., Poulton E., Kavia S., Sese A., Sahakian C., Poulton T. Evaluation of student and tutor response to the simultaneous implementation of a new PBL curriculum in Georgia, Kazakhstan and Ukraine, based on the medical curriculum of St. George's, University of London. MEFANET Journal. 2017. vol. 5. no. 1. P. 19–27.

13. Nguyen V.A. A peer assessment approach to project based blended learning course in a Vietnamese higher education. Education and Information Technologies. 2016. DOI: 10.1007/s10639-016-9539-0.

14. Bergmann J., Sams A. Remixing chemistry class. Learn Lead Technol. 2008. vol. 36. no 4. P. 24–27.

15. Williams D.E. The future of medical education: flipping the classroom and education technology. Ochsner J. 2016. vol. 16. no 1. P. 14–15.

УДК 372.881.161.1

ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ГРАММАТИКИ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ПРИЁМ ОБУЧЕНИЯ РУССКОМУ ЯЗЫКУ СТУДЕНТОВ-БИЛИНГВОВ ЯЗЫКОВОГО ВУЗА

Шеина Л.П., Иванова Т.В.

ФГБОУ ВО «Московский педагогический государственный университет», Москва, e-mail: lyuba.sheina2010@yandex.ru, jane130@yandex.ru

Настоящая статья посвящена исследованию использования визуализации грамматики как эффективного средства обучения русскому языку студентов-билингвов языкового вуза. В качестве визуального средства в исследовании был рассмотрен креолизованный текст. В работе дается анализ его преимуществ как дидактического средства, раскрыты методические аспекты его использования на занятиях русского языка как неродного. В работе дается психолого-педагогическое обоснование креолизованного текста в качестве эффективного средства обучения русскому языку как неродному студентов-билингвов. Представлен алгоритм создания креолизованного текста, а также определено соотношение его вербальной и иконической частей на разных этапах обучения грамматическим категориям русского глагола. В статье приведены фрагменты тренировочных упражнений с использованием креолизованного текста. В конце статьи приведён сравнительный анализ результатов констатирующего и контрольного этапов эксперимента, которые отражают позитивную динамику уровня усвоения учебного материала по теме «Глагол». Были сделаны выводы о том, что использование креолизованного текста на всех этапах обучения грамматическим формам глагола активизировало психические процессы, способствовало эффективному усвоению основных грамматических форм глагола. Студенты продемонстрировали способности к запоминанию и воспроизведению большего объема лексических единиц.

Ключевые слова: визуализация грамматики, метод обучения, билингвы, креолизованный текст, студенты-билингвы

GRAMMAR VISUALIZATION AS AN EFFECTIVE TECHNIGUE OF TEACHING RUSSIAN AS A FOREIGN LANGUAGE TO BILINGUAL STUDENTS OF A LINGUISTIC UNIVERSITY

Sheina L.P., Ivanova T.V.

Moscow State Pedagogical University, Moscow, e-mail: lyuba.sheina2010@yandex.ru, jane130@yandex.ru

This article is concerned with the research of Grammar visualization use as an effective technigue of teaching Russian as a foreign language to bilingual students of a linguistic university. A creolized text is considered as a visual tool in the given study and the paper analyzes its advantages as a didactic tool, reveals the methodological aspects of its use in classes of Russian as a foreign language. The paper provides the psychological and pedagogical basis of the creolized text as a means of efficiencies Russian as a foreign language teaching to bilingual students. An algorithm for creating a creolized text is presented by the authors, as well as they determine the ratio of its verbal and iconic parts at different stages of teaching the grammatical categories of the Russian verb. The article contains fragments of creolized text drills. Finally, the paper presents a comparative analysis of the results of the ascertaining and control experiments, which reflect the positive dynamics of educational efficiency and effectiveness of topic «The Verb». It is concluded that the use of a creolized text at all stages of teaching grammatical forms of the verb activated mental processes of perception, contributes to the effective assimilation of the basic grammatical forms of the verb. As a result, the students demonstrate a better ability to memorize and reproduce a large amount of lexical units.

Keywords: grammar visualization, teaching method, bilinguals, creolized text, bilingual students

Развитие мировых сообществ в направлении глобализации приводит к пониманию необходимости в создании единого культурно-образовательного пространства. Люди разных национальностей, проживающие на территории Российской Федерации, стремятся сохранить этническую самобытность. Это определяет потребность обеспечения качественного образования как на государственном языке, так и на родном. Поэтому проблема методики преподавания русского языка как неродного обучающимся-билингвам является актуальной, особенно в аспекте поисков эффективных методов, методик, обеспечивающих высокую результативность обучения.

В условиях информатизации и компьютеризации большим образовательным потенциалом обладают средства визуализации дидактического материала. Стремительный рост визуальной информации в современной коммуникации вызывает закономерный интерес языковедов к использованию невербальных средств при оформлении письменной речи.

Цель исследования состоит в теоретическом обосновании и экспериментальном апробировании эффективности использования средств визуализации грамматики как эффективного приема обучения русскому языку студентов-билингвов языкового вуза.

В исследовании мы исходили из положений об особенностях организации процесса обучения студентов-билингвов, которые нуждаются в визуальной поддержке, так как зрительное восприятие целостного образа учебной информации существенно активизирует когнитивные процессы при выполнении учебных заданий как на репродуктивном, так и творческом уровнях обучения.

Материалы и методы исследования

В современной теории и практике обучения русскому языку как неродному среди разнообразия визуальных средств следует выделить креолизованный текст, который успешно обеспечивает наглядность, благодаря чему происходит быстрое «схватывание» целостной модели грамматических структур. Это обеспечивает хорошее запоминание информации. За счет его использования происходит систематизация и обобщение содержания учебного материала. Структурированный материал формирует понимание внутренних и внешних связей между грамматическими явлениями, что становится эффективным приемом усвоения студентами знаний. Креолизованный текст как дидактическое средство способствует развитию всех психических процессов, а также формирует познавательную мотивацию студентов, поэтому в нашем исследовании в качестве средства визуализации мы использовали креолизованный текст. Представляется, что его применение также снимает проблему языкового барьера.

Многие ученые в своих исследованиях отмечают большую роль изучения русского языка в развитии когнитивных процессов обучающихся-билингвов. Так, Е.А. Хамраева пишет, что языковое развитие оказывает воздействие на процессы познания, способствует его когнитивной деятельности [1, с. 99]. Все это обеспечивает эффективность процесса обучения, которые направлены на эффективное формирование системы знаний, умений и навыков русского языка при наименьших затратах времени и сил субъектов педагогического процесса.

Сегодня происходит значительное увеличение информационного потока, что вызывает стремление использовать, наряду с вербальными знаками, знаки иконические.

Т.Ш. Инас, О.А. Корда, отмечают, что креолизация подразумевает обозначение текстов, в структуре которых знаки различных семиотических систем вступают в наиболее сложные отношения – взаимовлияния, взаимодополнение [2; 3]. Сообщение, заключенное в тексте, может быть представлено вербально (словесный текст) или иконически, то есть изобразительно. Само слово «креолизация» предполагает комбинирование средств разных семиотических систем в комплексе, отвечающем условию текстуальности [2]. В публикациях последнего времени также применяются термины «поликодовый текст» [3], «гетерогенный текст» [4]. Анализ сущностных характеристик крелизованного текста позволил сделать вывод о том, что их фактура состоит из негомогенных частей (вербальной языковой и невербальной (принадлежащей к другим знаковым системам, нежели естественный язык). Причём, различные по своей природе, они составляют единое смысловое поле. Типология поликодовых текстов весьма разнообразна. В их теоретическом описании наличествуют все тексты, которые включают иные, чем буквенные, обозначения. К ним могут относиться такие знаки, как скобки, нижнее подчеркивание, выделительные обозначения (цветовое оформление букв или иных символов, полужирный шрифт, применение курсивного начертания к тексту); включение в слова или между словами пропусков в виде многоточия, таблицы, схемы, рисунки. К разновидностям креолизованного текста также относятся иллюстрации, комиксы, сопровождаемые репликами персонажей, где органично сочетаются вербальная и иконическая части. Например: Мне грустно, потому что на улице 

Креолизованный текст как дидактическое средство безусловно, имеет ряд преимуществ: способствует созданию положительной эмоциональной атмосферы на занятии; активизирует важные психические процессы студентов, что повышает эффективность усвоения учебного материала; повышает познавательный интерес на уроке; позволяет использовать и усваивать различные виды речевой деятельности; повышает коммуникативную роль учебных заданий; представляет сжатую насыщенную информацию, в которой нет ничего лишнего; способствует созданию реальных условий коммуникативной ситуации, а также он способен увеличить объем усваиваемой информации.

Экспериментальная работа проводилась в группе, состоящей из 11 человек, 1 курса студентов-башкир факультета башкирской филологии Башкирского государственного педагогического университета. Особенность обучения категориям русского языка студентов-башкир обусловлена разностью фонетического, лексического, грамматического, морфологического синтаксического построения русского и башкирского языков [5, с. 224–234]. На этапе констатирующего эксперимента нами были выявлены типичные ошибки и сложности в изучении грамматики русского языка. Так как для конструирования речевого высказывания самыми частотными частями речи являются существительное и глагол, наибольшее число ошибок приходится на формообразование глагола. Во многом это объясняется тем, что в башкирском языке отсутствует категория вида. Один и тот же башкирский глагол может соответствовать и совершенному, и несовершенному виду русского глагола. *Кисә мин өйгә эште эшләү* – «я *вчера делал домашнее задание» и «я вчера сделал домашнее задание».* Были обнаружены ошибки в следующих случаях формообразования: видовых пар глагола: несовершенного вида *идти* (однонаправленность действия), ходить (многократно повторяемые действия) и глаголов совершенного вида, образованных приставочным способом: *прийти*. *Я часто пришел в библиотеку; читать – прочитывать* и глагола совершенного вида *прочитать*, образованного приставочным способом. Их неправильное формообразование императива *прочитывайте (вместо прочитайте);* неоправданное употребление глагола-связки «быть» в прошедшем времени и глагола в форме прошедшего времени для образования простой формы глагола прошедшего времени: *«я было прочитал книгу» вместо «я прочитал книгу».* При образовании императива неправильное использование приставки про- и суффикса -ыва: «*прочитывайте книгу».*

В целях осуществления диагностики уровня сформированности знаний грамматики русского глагола нами были определены следующие критерии:

– умение правильно определять вид глагола;

– умение понимать контекст предложения и в соответствии с ним выбирать правильную грамматическую форму глагола;

– умение согласовывать глаголы с существительными по числам и родам.

Задания носили репродуктивный характер. Осуществлялся количественный и качественный анализ выполненных заданий обучающихся. Студентам предлагались тестовые задания, в которых проверялись вышеперечисленные критерии. Все задания были даны в текстовой форме без поликодовых элементов. В качестве определения исходного уровня сформированности грамматических форм глагола у испытуемых было принято процентное соотношение правильно выполненных заданий. В расчет принимались следующие показатели: «отлично» – от 80 до 100 баллов соответствовал высокому уровню знаний; «хорошо» – от 60 до 79 баллов – среднему уровню; «удовлетворительно» – от 40 до 59 баллов – определили как ниже среднего; «неудовлетворительно» – от 10 до 39 баллов – низкий уровень; от 0 до 10 баллов – «отсутствие знаний». Входная диагностика показала следующие результаты: из 11 человек высокий (90 баллов) – 1 человек, средний уровень (в среднем – 68 баллов) – 4 человека, ниже среднего (в среднем – 49 баллов) – 3 человека, низкий уровень сформированности знаний видовых форм глагола (в среднем – 23 балла) – 3 человека. В целом результаты констатирующего среза продемонстрировали недостаточный уровень усвоения грамматических форм глагола. Студентами были допущены ошибки в словообразовании видовых форм глаголов.

В процессе обучения билингвов видовым формам глагола был разработан дидактический материал на основе использования креолизованного текста, который соответствовал следующим принципам: последовательности подачи материала в логике от простого к сложному; концентрического построения содержания учебного материала, постепенного расширения и углубления знаний; принципа сочетания текстового и изобразительного материалов; порционной подачи знаний; разнообразия видов заданий в соответствии с целями формирования страноведческих знаний, коммуникативных способностей.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе обучающего эксперимента нами были определены и разработаны следующие теоретико-методические аспекты.

1. Определен алгоритм создания креолизованного текста, который имеет следующие шаги реализации:

– необходимо определить цель применения креолизованного текста в обучении (для чего его используем?);

– определить, на каком этапе урока он используется (когда используем?);

– определить, на развитие каких компетенций нацелено упражнение, задание (что формируем и развиваем?);

– подобрать необходимый дидактический материал (что подбираем?);

– выбрать вид визуализации грамматики (какой вид визуализации используем?);

– определить соотношение, объем визуальной и вербальной частей креолизованного текста (какой элемент креолизованного текста берем за основу?);

– определить необходимые визуальные элементы и способ их выполнения: пространственное расположение, выбор формы, цветовое решение изображения (как оформляем креолизованный текст?).

2. Определено соотношение вербальной и иконической частей креолизованного текста в процессе изучения грамматических категорий русского глагола. Представляется, что на этапе введения понятия «видов глагола» сами глаголы должны быть оформлены вербально, так как обучающиеся должны запомнить правильный образец слов с точки зрения орфографии, грамматики. Изобразительной частью могут стать не ключевые слова. Например: *каждое утро я хожу в университет*. Так как ключевыми словами в данном предложении являются *каждое утро и хожу*. На этапе закрепления при формировании практического навыка словообразования видовых пар глаголов слово можно заменить изобразительной частью. Это продиктовано целесообразностью активизации мыслительных операций по составлению правильной грамматической формы глагола. Здесь учитывается значение контекста и вербализируется слово. Но сопутствующее слово-подсказка не должно быть заменено изобразительной частью. На этапе контроля знаний глагол заменяется картинкой. Студент должен вспомнить и записать необходимый вид глагола.

В исследовании мы используем креолизованный текст в виде иллюстрации на этапе закрепления учебного материала. Такой вид креолизованого текста иллюстративно изображает контекстуальную заданность использования глагола.

В таблице приведена логика использования креолизованного текста на разных этапах обучения русскому языку.

Приведем фрагменты тренировочных упражнений с использованием креолизованного текста по теме «Глагол». На этапе закрепления изученного материала можно предложить следующие упражнения.

Упражнение 1. Рассмотрите рис. 1.

А) Найдите ошибку в употреблении формы глагола и исправьте ее. Сделайте словообразовательный разбор глагола.

Б) Рассмотрите рис. 2. Согласны ли вы с исправлением ошибки образования формы глагола? Объясните свой ответ.

Дидактическое описание использования креолизованного текста
при обучении раздела «Видовые пары глагола»

Этапы обучения	Этап введения понятия	Этап закрепления	Контрольно-оценочный этап
Виды креолизации	Схемы, таблицы, графики	Картинки с пропусками слов в диалогах	Графическое изображение букв (слов) с иконическими элементами
Приемы оформления визуальных и вербальных элементов креолизованного текста	Использование визуальных средств, глаголы оформляются вербально	Видовые пары глагольных форм изображаются визуально, опорные слова-подсказки оформляются вербально	Видовые пары глаголов изображаются визуальными средствами



Рис. 1. Пример креолизованного текста



Рис. 2. Пример креолизованного текста



Рис. 3. Пример креолизованного текста



Рис. 4. Пример креолизованного текста

Креолизованный текст позволяет выполнять лексико-семантические упражнения, формирующие представления о многозначности слова. Изобразительная часть сообщает контекст его использования; вербальная – дает оформление слова. Студентам были предложены задания, направленные на формирование своеобразия употребления лексических единиц в условиях их полисемии.

Упражнение 2. Рассмотрите рис. 3 и 4. Объясните, в каком значении употребляется глагол «ходить» на рис. 1 и рис. 2. Объясните различия его словоупотребления

По завершении обучающего эксперимента нами были повторно проведена диагностика уровня усвоения учебного материала. Анализ полученных результатов показал в целом позитивную динамику уровня усвоения учебного материала по теме. из 11 человек высокий (92 баллов) – 1 человек, средний (в среднем – 69 баллов) – 7 человек, ниже среднего (в среднем –

51 баллов) – 2 человека, низкий уровень сформированности знаний видовых форм глагола (в среднем – 32 балла) – 1 человек. Процентное соотношение обучающихся, повысивших уровень усвоения учебного материала после обучающего эксперимента, по сравнению с констатирующим этапом эксперимента составило 45,5% (5 человек улучшили свои результаты).

Выводы

Мы предполагаем, что качество обучения, выраженное в увеличении процента правильно выполненных заданий, объясняется рядом факторов, которые носят во многом закономерный, а не случайный характер. А именно:

– использование креолизованного текста на всех этапа обучения грамматическим формам глагола активизировало процесс усвоения учебного материала. Студенты продемонстрировали способности к усвоению большего объема лексических единиц, грамматических форм глагола, что, очевидно, подтверждает исходное предположение об эффективности использования креолизованного текста в процессе обучения студентов-билингвов русскому языку как неродному.

Список литературы

1. Хамраева Е.А. Детский модуль РКИ. Особенности организации русской школы за рубежом и методики преподавания русского языка // Русский язык за рубежом. 2014. № 5 (246). С. 99–102.

2. Инас Т.Ш. Креолизированный текст как средство современной коммуникации: вербальная и визуальная составляющие // Научный форум: Филология, искусствоведение и культурология: сб. ст. по материалам III междунар. науч.-практ. конф. 2017. № 1 (3). С. 131–143.

3. Корда О.А. Креолизованный текст в современных печатных СМИ: структурно-функциональные характеристики: дис. … канд. филолог. наук. Екатеринбург, 2013. 226 с.

4. Чигаев Д.П. Способы креолизации современного рекламного текста: дис. … канд. филолог. наук. Москва, 2010. 223 с.

5. Закирьянов К.З. Сопоставительное исследование разноструктурных языков: лингвометодический аспект // Российский гуманитарный журнал. 2015. Т. 4. № 3. С. 224–234.