

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**
ШКОЛА БАЗОВОЙ ИНЖЕНЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ

НАУЧНАЯ ИНИЦИАТИВА ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

Сборник докладов
I Международной научно-практической конференции

Том 1

27–29 апреля 2021 г.

Томск 2021

УДК 378.147.88:347.176.2(063)

ББК Ч484(2)71:Ч481.268л0

НЗ4

Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов : сборник докладов I Международной научно-практической конференции. В 2 томах. Том 1 (Томск, 27–29 апреля 2021 г.) / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2021. – 423 с.

ISBN 978-5-4387-1005-9 (т. 1)

ISBN 978-5-4387-1004-2

Сборник представляет интерес для специалистов и исследователей в области математики, механики, электротехники, информатики и вычислительных систем, физики, химии, геологии, гуманитарных наук и экономики.

УДК 378.147.88:347.176.2(063)

ББК Ч484(2)71:Ч481.268л0

Ответственность за содержание работ несут авторы.

ISBN 978-5-4387-1005-9 (т. 1)

ISBN 978-5-4387-1004-2

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2021

Уважаемые коллеги!

Предлагаемый вашему вниманию сборник материалов I Международной научно-практической конференции «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов» содержит доклады иностранных студентов, магистрантов и аспирантов, обучающихся в российских и зарубежных вузах.

В 2021 году конференция проводилась в рамках празднования 125-летия Национального исследовательского Томского политехнического университета, а также была поддержана Ассоциацией ведущих университетов России и Ассоциацией иностранных студентов.

В период работы конференции 27-29 апреля 2021 г. на заседаниях 10 секций было представлено 305 докладов, 70 видеодокладов размещены на сайте конференции (http://iie.tpu.ru/sci_conf).

В 2 томах сборника опубликованы материалы докладов иностранных студентов - представителей 49 стран мира. Доклады отражают научные интересы молодых учёных по современным динамично развивающимся направлениям науки.

Том 1 содержит материалы докладов иностранных студентов по широкому спектру инженерных и естественных наук (машиностроение, разработка и эксплуатация полезных ископаемых, геодезия, технические системы и процессы управления, энергетика, химическая технология, материаловедение, информатика, приборостроение, геология, экология). Том 2 содержит доклады по проблемам общественных наук (филология, социология, история, экономика, педагогика, этнография, искусствоведение), а также доклады секции на английском языке «Science as a vocation and career».

Большинство материалов докладов представляет собой апробацию научных результатов дипломных и диссертационных работ.

Конференция организована отделением русского языка Школы базовой инженерной подготовки, осуществляющим обучение русскому языку по всем направлениям с 2006 года. Отделение готовит аспирантов по специальности **45.06.01 Языкознание и литературоведение** (<http://russian.tpu.ru/>).

Надеемся, что данный сборник будет интересен и полезен всем читателям, интересующимся современным развитием науки и техники.

С уважением,
оргкомитет конференции.

СОДЕРЖАНИЕ

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК.....	11
Аль Баирмани А.Г. (Ирак) Абдали Л.М. (Ирак) Якимович Борис Анатольевич.....	11
КОНТРОЛЬ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА СЕТЕВОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (СЭС)	
Абдали Л. М., Исса Х.А., Али К.А., Аль Баирмани А. Г. (Ирак).....	16
МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНЫЙ ДИЗЕЛЬ-ВЕТЕР	
Абделмагид Абделрахман Мохамед Хамед (Египет).....	25
СДВИГ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛЕЙДЕНФРОСТА НА ПОВЕРХНОСТЯХ КАРБИДОКРЕМНИЕВОЙ КЕРАМИКИ, ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ	
Аденан Хамза (Марокко) Пулатов Тимир Немаджонович (Испания)	30
РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С КРИОГЕННОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ	
Али К.А., Абдали Л. М., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д. (Ирак)	36
АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СИМУЛЯЦИИ И АЛГОРИТМА МРРТ	
Альмухаммед Мухаммед (Сирия)	46
НАБОР ДАННЫХ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ В МАСКЕ	
Аль-Руфай Ф. М., Абдали Л. М., Мохаммед Х. Д. (Ирак)	51
БУДУЩЕЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ИРАКЕ	
Аль-Руфай Ф. М. (Ирак).....	58
ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРО И СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В ИРАКЕ	
Аль-Саиди Фатима Хуссейн Фархан (Ирак), Ф.Л.Капустин	67
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИРАКСКОГО СТЕКОЛЬНОГО ПЕСКА, ИСПОЛЬЗУЯ ДВА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДА ДЛЯ ТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА	
Аргуэльо Ариана (Коста-Рика), Галинсога Хесус (Мексика)	71
О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ВОДОРОДА НА АЭРОСТАТЕ НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА	
Банщикова Маргарита Александровна (Казахстан), Мельникова Анастасия Сергеевна (Россия), Татаринцева Мария Алексеевна (Россия)	76
РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В КРУПНЕЙШИХ ЯДЕРНЫХ КАТАСТРОФАХ	
Баршонь Саболч (Венгрия).....	81

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПЛИВА ДЛЯ РЕАКТОРОВ ВВЭР-1200 ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ПРОГРАММ MSU	
Ван Дакунь (Китай), Дедова Елена Сергеевна (Россия)	84
ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ КАРБИДНОЙ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ КЕРАМИКИ В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНСОЛИДАЦИИ	
Ван Синьсинь, У Шаша (Китай).....	89
ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ZRYO / ALSIN	
Ван Цайлунь (Китай)	92
МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЛЛИТА, СОДЕРЖАЩЕЙ РАЗНОЕ КОЛИЧЕСТВО ВОДЫ	
Гомес Корредор Давид Умберто (Колумбия)	96
ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ВНЕДРЕНИЮ КАЧЕСТВЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В НЕПРЕРЫВНОМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ	
Далфи Моамел Абдулриджа	101
ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ В ИРАКЕ	
Джамил Джалил Садун (Ирак).....	107
ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ КАНАЛА MIMO-OFDM 3D WIMAX С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМА	
Джасем Мохаммад (Сирия)	112
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕДУКТОРОВ С БОЛЬШИМ ПЕРЕДАТОЧНЫМ ОТНОШЕНИЕМ ПО ВИДУ ДВИЖЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ЗВЕНА	
Дин Юйчунь (Китай).....	117
СИНТЕЗ И СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЮМИНОФОРА НА ОСНОВЕ ЛЮТЕЦИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА	
Ду Яфэн (Китай).....	121
ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМ AL-SI-N И ZR-Y-O, СФОРМИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНОГО МАГНЕТРОННОГО ОСАЖДЕНИЯ	
Елисеев Андрей Алексеевич (РФ) Лашкевич Милана Евгеньевна (Казахстан)	126
РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ	
Жохара Ахмад (Сирия).....	131
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ZMP (ZERO MOMENT POINT) ДВУНОГИХ РОБОТОВ ДЛЯ БАЛАНСИРОВКИ ЭКСОСКЕЛЕТОВ НЕЙРО-РЕАБИЛИТАЦИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ	
Исса Х.А., Абдали Л. М., Али К.А., Мохаммед Х.Д., Аль-Малики М. Н. (Ирак)	137

УПРОЩЕННЫЙ И КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ	
Куагу Жан-Мари (Бенин), Ункпатэн Денъон Дебор (Бенин), Фонкоу Джастин Мелабонг (Камерун)	145
КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА, ПОЛУЧАЕМОГО В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ	
Ли Чжоцзюнь (Китай).....	149
РАЗРАБОТКА ИНФРАКРАСНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ	
Ли Шухуэй (Китай) Пайгин В.Д.(Россия).....	153
ВЛИЯНИЕ ФТОРИДА ЛИТИЯ НА СПЕКАНИЕ YSZ-КЕРАМИКИ	
Линь Чаолу (Китай)	158
ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ MGAL2O4, АКТИВИРОВАННАЯ ИОНАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ	
Лю Люян (Китай), Суханов Алексей Викторович, Воскобойникова Ольга Борисовна ..	162
КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ПАСТЕРИЗОВАННОГО МОЛОКА	
Лю Юаньсюнь (Китай).....	166
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ TI-AL	
Лян Ичэн (Китай) Кузьменко Егор Дмитриевич (Россия)	170
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЕСНИЦЫ, УКАЗЫВАЮЩЕЙ НА ЮГ	
Маамо М. Шико (Сирия)	173
СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ КРЫЛА САМОЛЕТА НА ОСНОВЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ И ТЕХНОЛОГИИ СЛИЯНИЯ СЕНСОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ	
Маджидов Абдулло Шарифхуджаевич (Таджикистан).....	178
АНАЛИЗ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ	
Манси Мостафа Ибрахим Манси (Ирак)	187
РАЗРАБОТКА ПРОМЫВОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ ЗАБОЯ СКВАЖИНЫ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА	
Мохаммед Лаваль Торо (Нигерия)	191
ЭВОЛЮЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ	
Н.А. Абу Хамдан, М.Ю. Медведев	196
НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ В ДВУМЕРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ	

Нгикофа Фиел (Намибия).....	207
РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ	
Низамли Яссер Ахмад (Сирия).....	210
МОДЕЛЬ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ COVID-19 С ПОМОЩЬЮ ЭКГ	
Омран Мазен (Сирия).....	213
ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ	
Панин Виктор Романович (Казахстан) Купцов Игорь Евгеньевич (Россия).....	217
ОСВОЕНИЕ РОССИЙСКИХ АРКТИЧЕСКИХ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ В СОВРЕМЕННОЙ СИТУАЦИИ, ВЫЗВАННОЙ ПАНДЕМИЕЙ COVID-19	
Пань Мэнхуа (Китай).....	222
МЕТОД АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ АНОДИРОВАННОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ	
Пань Нин (Китай).....	227
ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОДВОДНОГО ЗРЕНИЯ РОБОТОВ	
Паттирадджаване Виктор Эрик (Индонезия).....	231
СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА МАМДАНИ, СУГЕНО И ЦУКАМОТО В ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫДАЮЩИХСЯ СОТРУДНИКОВ	
Перес Москоте Даниэль Адриан (Колумбия).....	237
ЗНАЧЕНИЕ ГИБКОСТИ СПРОСА В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ	
Муэба Проспер (Республика Чад).....	242
ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРПЕНТИНИТОВ ДАХОВСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА	
Наумкин А.С., Салум А.	246
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИСПАРЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДО-МЕТАНОЛЬНОГО РАСТВОРА В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ	
Ткаченко Артем Александрович (Россия) Свешников Иван Игоревич (Казахстан)	
Рыбалов Антон Вячеславович (Россия).....	249
КАТАСТРОФА НА ТРИ МАЙЛ АЙЛЕНД: ПРОБЛЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ЧЕЛОВЕКОМ И МАШИНОЙ	
Фан Куанг Мань (Вьетнам).....	253
КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ УСЛОВИЯХ	
Шакир Хайдер Раззак Шакир (Ирак).....	256
ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ РЕЧНЫХ РУСЕЛ	

Хань Лян (Китай), И.А. Фотин (Россия), Ю.А. Мировой (Россия)	261
ВНЕДРЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИФАЗНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ ZRB2-ZRC-SiC-BN-CNT	
Хаттаби Мохамед Асаад Ибрахим (Египет).....	264
ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ДИСЛОКАЦИЯМИ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РАСТВОРАХ СИСТЕМЫ CU-AL	
Хербез Веленка (Черногория)	268
МАЛЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК НОВЫЙ ТИП РАЗМЕЩЕНИЯ В ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ КЛАСТЕРАХ НА СКАДАРСКОМ ОЗЕРЕ, В ЧЕРНОГОРИИ	
Хэ Лин (Китай), Ян Анькан (Китай), Чжоу Вэньсуань (Китай), Козлов Виктор Николаевич	273
РАСЧЁТ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛЕЙ	
Ци Мэнсюй (Китай), Чжао Цзялунь (Китай), Ю Цзяньюй (Китай), Козлов Виктор Николаевич	280
ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН	
Чжао Цзялунь (Китай), Ю Цзяньюй (Китай), Ци Мэнсюй (Китай), Козлов Виктор Николаевич	288
МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН СБОРНЫХ ФРЕЗ	
Чэнь Ян (Китай)	295
ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА	
Шаяхметов Михаил Павлович (Казахстан)	298
ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ВХОДНОЙ ГРУППЫ В ЗООПАРК	
Шэнь Юаньйи (Китай), Ван Дакунь (Китай).....	303
ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ КЕРАМИКИ, СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ЭНТРОПИЕЙ	
Ю Цзяньюй (Китай), Ци Мэнсюй (Китай), Чжао Цзялунь (Китай), Козлов Виктор Николаевич	308
ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ЦЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ	
Юсеф Али (Сирия)	315
МИНИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНЕРГИИ	
Юсеф Фарах (Сирия)	323
ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА IEEE 802.15.4/ZIGBEE	
Ян Жун (Китай)	329
СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА БАЗЕ SMT32	

Ян Сяо (Китай), Бурлаченко Александр Геннадьевич (Россия)	331
ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАРБИДА КРЕМНИЯ НА УПЛОТНЕНИЕ КОМПОЗИТОВ TiB ₂ – SiC	
АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК	334
А Дураиди Абдаллах Джехад (Иордания)	334
ЛЕЧЕНИЕ СТВОЛОВЫМИ КЛЕТКАМИ	
Ван Нана (Китай) Папина Ю.В. (Россия)	336
ВЛИЯНИЕ PH И АМИНОКИСЛОТ НА АГРЕГАЦИЮ НАНОЧАСТИЦ TiO ₂	
Гао Аоцзе (Китай)	341
ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС КАК МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЛГОРИТМА ВЫПОЛНЕНИЯ ОФЛАЙН ЭКСПЕРИМЕНТА	
Е Юй Чиэнь (Тайвань), Волкова Татьяна Федоровна (Россия)	345
ВЛИЯНИЕ ПАНДЕМИИ КОРОНАВИРУСА НА ЖИЗНЬ КОНКРЕТНОГО ЧЕЛОВЕКА (НА ОСНОВЕ ЛИЧНОГО ОПЫТА)	
Игамбердиева Амина Атабековна, Туркменистан	349
ЗНАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ГОРОДА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗА	
Лю Яцинъ (Китай)	353
ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ГЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ	
Лян Шиюэ (Китай)	358
ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА НАНОЧАСТИЦ НА КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ПШЕНИЦЫ	
Патз Матеус Осмар (Бразилия)	363
СИНТЕЗ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ	
Пэн Лижу (Китай)	364
ПРИМЕНЕНИЕ «ЗЕЛеной ХИМИИ» ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ	
Синь Ян (Китай), Вэн Линь (Китай), Чжан Лижень (Китай)	369
К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТЕ МПЕМБЫ	
Сулейман Ранд (Сирия)	374
АНТИМИКРОБНАЯ И АНТИМИКОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДНЫХ 2(5Н)-ФУРАНОНА	
Сюй Фаньцзе (Китай)	376
ИЗМЕНЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ НАНОЧАСТИЦ В ВОДНЫХ СРЕДАХ	
Тодороски Кирил (Республика Македония)	380
МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ НА ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ УТОК	
Турманов Рахымжан Ахметханович (Казахстан)	381

СИНТЕЗ НОВЫХ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ 2-(ГЕТ)АРИЛПИРРОЛИДИНОВ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ ПРОИЗВОДНЫХ 4,4-ДИЭТОКСИБУТАН-1-АМИНА С С-НУКЛЕОФИЛАМИ	
Ф.С. Фиша (Южная Африка), С.Л. Добрянская, Д.А. Соколов	383
ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ БИОМЕЛИОРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ	
Хэ Яньни (Китай)	389
ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СРЕДЫ И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ НА АГРЕГАЦИЮ НАНОЧАСТИЦ СИ	
Цзи Синьюй (Китай)	394
ПОЛУЧЕНИЕ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ	
Цзян Цэ (Китай)	396
АКТИВАЦИЯ АРОМАТИЧЕСКОГО СПИРТА НА КЛАСТЕРАХ ЗОЛОТА: СТРУКТУРНЫЙ И ЗАРЯДОВЫЙ ЭФФЕКТ	
Чжао Чжэнчуань (Китай)	400
ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ОСАЖДЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ	
Экенма-Джонас Джастис (Нигерия)	403
НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ПРОВИНЦИИ ДЕЛЬТЫ РЕКИ НИГЕР	
Юй Сяолинь (Китай)	407
СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКОГО КООРДИНАЦИОННОГО ПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ СО(II) И 1-(ИМИДАЗОЛ-1-ИЛ)-4-(1,2,4-ТРИАЗОЛ-1-ИЛМЕТИЛ)БЕНЗОЛА	
Юй Шэн (Китай), Папина Ю.В.	412
ВЛИЯНИЕ PH НА АГРЕГАЦИЮ НАНОЧАСТИЦ ZNO	
Янь Тун (Китай), Лямина Г.В. (Россия)	416
НАНОНОСИТЕЛИ ДЛЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ	
Яхшиликова Лола Журабаевна (Узбекистан)	420
СИНТЕЗ НОВЫХ МАКРОЦИКЛИЧЕСКИХ И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ ТАУРИНА НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ 2-АМИНОЭТАН-1-СУЛЬФОНАМИДОВ С ФЕНОЛАМИ	

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ **ИНЖЕНЕРНЫХ НАУК**

Аль Баирмани А.Г. (Ирак)

Абдали Л.М. (Ирак)

Якимович Борис Анатольевич

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Научный руководитель: Кузнецов Павел Николаевич,
к.т.н., доцент

КОНТРОЛЬ СТАТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ УСТАНОВИВШЕГОСЯ РЕЖИМА СЕТЕВОЙ СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРОСТАНЦИИ (СЭС)

Принятый в декабре 2019 г. Государственной думой РФ Федеральный закон № 35-ФЗ «Об электроэнергетике» [1] упрощает возможность подключения солнечной электростанции (СЭС) индивидуального потребителя к общей распределительной сети электрической системы. При таком подключении потребитель может выступать в качестве просьюмера [2]. Для просьюмера инвертор его СЭС может работать как в режиме потребления электрической энергии из сети, так и в режиме передача избытков этой энергии в сеть. С развитием возобновляемой энергетики количество просьюметров будет расти, при этом будет расширяться возможность обмениваться электроэнергией индивидуальных СЭС между собой. Например, в Австралии для организации такого процесса создана энергосбытовая компания Power Ledger [3] которая имеет доступ как инфраструктурам СЭС отдельных потребителей, так и параметрам их установившихся режимов в составе распределительной сети.

Вместе с тем, появление в распределительной сети большого количества автономных СЭС с их активными электротехническими устройствами делает эти станции источниками возмущений и неустойчивостей установившихся режимов в сети. Поэтому в ПАО «Россети» поставлена задача создания специального контроллера, который будет регулировать электрические параметры установившихся режимов отдельных СЭС, не допуская выхода их за границу статической устойчивости. При успешной реализации проекта для распределительной сети 0,4 кВ его предполагается адаптировать и для сетей до 35 кВ, с более мощными СЭС.

Очевидно, что математическая модель, реализованная в таком контроллере, должна обеспечивать расчет установившегося режима каждой СЭС в реальном масштабе времени, используя элементы инфраструктуры сети и, данные телеизмерений режимных параметров СЭС, выступающих в качестве исходных приближений. На основе результатов такого расчета можно не допускать, нарушения статической устойчивости режима СЭС.

Рассмотрим возможность контроля статической устойчивости установившегося режима СЭС просьюмера, подключенной к электрической сети системы линией электропередачи с параметрами активной g и реактивной b проводимостями (Рис. 1).

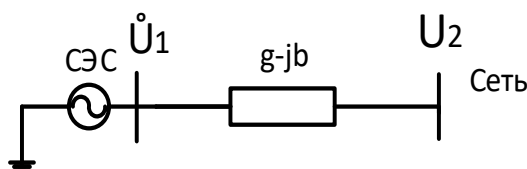


Рисунок 1. Схема выдачи мощности просьюмерской СЭС в общую распределительную сеть 0,4 кВ электрической системы

Уравнения баланса активной и реактивной мощности в узле СЭС, записанные в тригонометрической форме, будут равны:

$$P_1 + U_1^2 g - U_1 U_2 g \cos \delta_1 + U_1 U_2 b \sin \delta_1 = W_a, \quad (1)$$

$$-Q_1 - U_1^2 b + U_1 U_2 b \cos \delta_1 + U_1 U_2 g \sin \delta_1 = W_r \quad (2)$$

В установившемся режиме небалансы активной - W_a и реактивной - W_r мощности, в узле СЭС, представляющие собой неявные функции переменных U_1 , δ_1 , P_1 , Q_1 и U_2 , должны быть равны нулю. Переменные U_1 , δ_1 (определяемые в результате расчета) будут зависимыми от P_1 , Q_1 и U_2 . В работах [4, с. 57] и [5, с. 138] показано, что определитель матрицы Якоби уравнений установившегося режима (якобиан) J совпадает со свободным членом характеристического уравнения малых колебаний и по смене его знака можно судить о нарушении статической устойчивости.

Рассмотрим якобиан уравнений установившегося режима (1) – (2)

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial W_a}{\partial \delta_1} & \frac{\partial W_a}{\partial U_1} \\ \frac{\partial W_r}{\partial \delta_1} & \frac{\partial W_r}{\partial U_1} \end{bmatrix} = \frac{\partial W_a}{\partial \delta_1} \cdot \frac{\partial W_r}{\partial U_1} - \frac{\partial W_r}{\partial \delta_1} \cdot \frac{\partial W_a}{\partial U_1}, \quad (3)$$

здесь $\frac{\partial W_a}{\partial \delta_1}$, $\frac{\partial W_r}{\partial \delta_1}$, $\frac{\partial W_a}{\partial U_1}$, $\frac{\partial W_r}{\partial U_1}$ – соответственно частные производные небалансов активной и реактивной мощности в узле. Вычислив производ-

ные и выполнив арифметические действия по (3) получим следующее достаточно простое выражения для J

$$U_1 = \frac{U_2}{2\cos\delta_1}. \quad (4)$$

Используя уравнение (4), рассмотрим предельные по статической устойчивости установившиеся режимы СЭС, подключенную к сети 0,4 кВ электрической системы воздушной линией электропередачи, выполненной проводом СИП 2а 4х16 мм². Напряжение в точке присоединения СЭС к сети U_2 будем считать равным номинальному $U_n = 0,4$ кВ. Погонные параметры провода ЛЭП из [6] равны: $r_0 = 1,91$ Ом/км; $x_0 = 0,0865$ Ом/км. Длину ЛЭП примем равной 50 м. Активная и реактивная составляющие проводимости ЛЭП будут равны соответственно: $g = 10,45$ См; $b = 0,47$ См.

На Рис. 2 для указанных параметров сети и ЛЭП показана построенная по (4) граница, на которой J обращается в ноль. Область D_x , на этом же рисунке, соответствует статически устойчивым режимам работы СЭС, в ней $J > 0$.

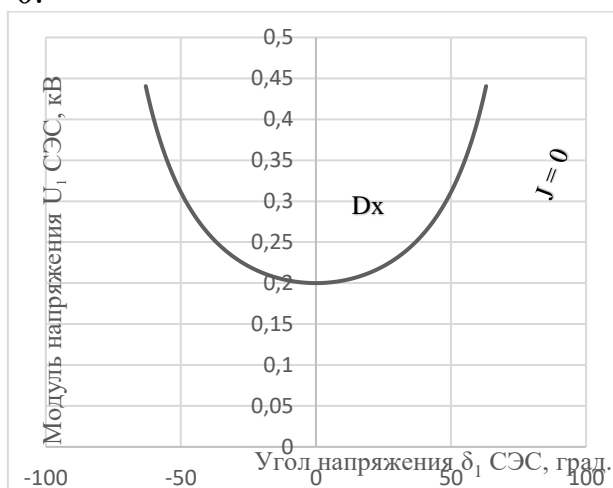


Рисунок 2. Граница J равно нулю уравнений установившихся режимов СЭС, в координатах U_1 и δ_1

Если кривую $J = 0$ в пространстве $U_1 - \delta_1$ с помощью уравнений (1) – (2) отобразить в пространство активных и реактивных мощностей СЭС, то получим область существования установившихся режимов D_u , показанную на Рис. 3. Для любых мощностей, принадлежащих D_u существует установившийся режим. Для P_1 и Q_1 вне D_u установившихся режимов СЭС не существует, т.е. для них нельзя найти U_1, δ_1 .

Для каждого значения P_1 и Q_1 из D_u в пространстве $U_1 - \delta_1$ существуют 2 установившихся режима, один из которых, принадлежащий D_x будет статически устойчивым, а другой (вне области D_x) будет статиче-

ски неустойчивым [7, с. 25]. Задание для СЭС P_1 и Q_1 из Dy является необходимым условием существования установившегося режима, но недостаточным для того, чтобы он обладал статической устойчивостью. Если для одиночной станции смена знака J характеризует нарушение статической устойчивости (поскольку могут существовать только 2 режима), то в замкнутых сетях, нарушение статической устойчивости может не сопровождаться сменой знака J , что показано в [7], однако при этом вещественные части собственных чисел матрицы Якоби становятся положительными, что соответствует нарушению статической устойчивости. Для одиночной СЭС если собственные числа матрицы Якоби при переходе через границу $J=0$ обязательно изменяют знак вещественной части, поскольку вне Dx J изменит знак.

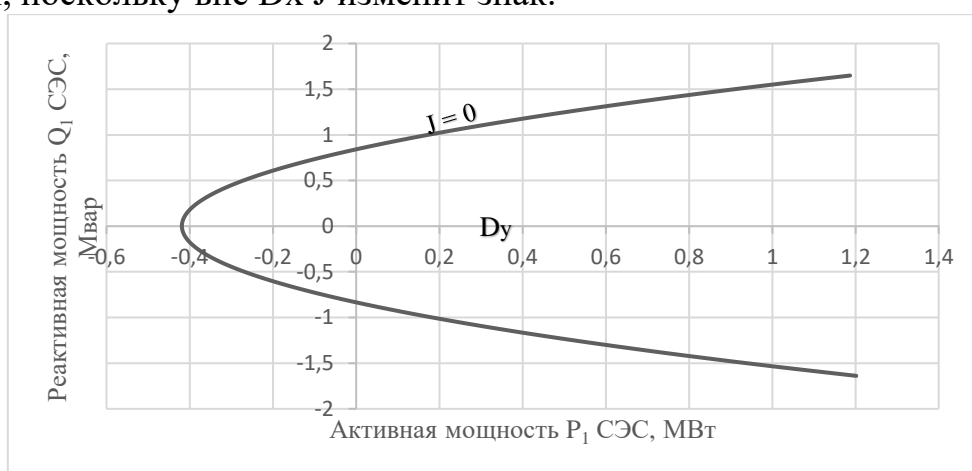


Рисунок 3. Область существования установившихся режимов СЭС Dy в координатах генерации ее активной P_1 и реактивной Q_1 мощности

Для оценки статической устойчивости установившегося режима СЭС необходимо контролировать не только смену знака J , но и собственные числа матрицы Якоби уравнений (1) – (2). Собственные числа матрицы Якоби λ_i , ($i=1,2$) можно найти, решив квадратное уравнение относительно

$$\lambda^2 - \left(\frac{\partial W_a}{\partial \delta_1} + \frac{\partial W_r}{\partial U_1} \right) \lambda + \left(\frac{\partial W_a}{\partial \delta_1} \cdot \frac{\partial W_r}{\partial U_1} - \frac{\partial W_a}{\partial U_1} \cdot \frac{\partial W_r}{\partial \delta_1} \right) = 0. \quad (5)$$

В качестве примера для электрической системы с СЭС, изображенной на Рис. 1 в Таблице показаны 2 установившихся режима при одних и тех же значениях мощностей СЭС: статически устойчивый (вещественные части комплексных собственных чисел отрицательны) и неустойчивый (собственные числа вещественные, одно из них положительное).

Таблица 1

Статически устойчивый и неустойчивый установившиеся режимы СЭС

Режим	P, МВт	Q, Мвар	δ_1 , град	U1, кВ	λ_1	λ_2	J
Статически устойчивый	0,4	0	-1,022	0,242	-0,16+j0,93	-0,16-j0,93	0,88
Статически неустойчивый	0,4	0	-1,568	0,158	0,67	-0,88	-0,59

Для сложных электрических систем с СЭС, для анализа статической устойчивости программы расчета установившихся режимов методом Ньютона, необходимо дополнить блоком определения собственных чисел матрицы Якоби, например, QR-алгоритмом для вычисления собственных значений действительной матрицы в форме Хессенберга [8, с.316].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Российская Федерация. Федеральный закон об электроэнергетике (с изменениями на 27 декабря 2019 года) (редакция, действующая с 1 июля 2020 года). 227 с.
2. Просьюмер. URL: <https://ru.wikipedia.org/> (дата обращения 08.02.2021)
3. Power Ledger – маркетплейс для электроэнергии. Telegram: Contact @disruptors_only, 2021. URL: https://t.me/disruptors_only/72 (дата обращения: 06.02.2021).
4. Веников В.Н., Строев В.Н., Идельчик В.И., Тарасов В.И. Оценка статической устойчивости электрических систем на основе решения уравнений установившегося режима // Изв. АН СССР, Энергетика и транспорт, 1971, № 5. С. 18-23
5. Готман В.И. Единый алгоритм оценки статической устойчивости и расчет установившихся режимов энергосистем. Известия Томского политехнического университета. 2007. Т. 311. № 4, с. 134 – 138.
6. СИП 2а. Провод самонесущий изолированный. URL: https://www.ruscable.ru/info/wire/mark/sip-2a_kamkabel/ (дата обращения 10.07.2020)
7. Виноградов А.А., Идельчик В.И., Лазебник А.И. Расчетное исследование области существования решения уравнений установившегося режима и соотношения между пределами по существованию и статической устойчивости. – В кн. Вопросы применения

математических методов при управлении режимами и развитием электрических систем. Изд-во Иркутского политехнич. ин-та, 1975, с. 22-49.

8. Уилкинсон, Райнш. Справочник алгоритмов на языке АЛГОЛ. Линейная алгебра. М., «Машиностроение», 1976, 389 с.

Абдали Л. М., Исса Х.А., Али К.А., Аль Баирмани А. Г. (Ирак)
Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, г. Санкт-Петербург
Научный руководитель: Якимович Борис Анатольевич,
д.т.н., профессор

МЕТОДИКА УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ ДЛЯ АВТОНОМНОЙ ГИБРИДНОЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СОЛНЕЧНЫЙ ДИЗЕЛЬ-ВЕТЕР

Введение

В отдаленных районах, таких как острова, горы и пустыни, электричество обычно обеспечивают обычные генераторы, которые потребляют ископаемое топливо. В большинстве случаев производство электроэнергии с использованием ископаемого топлива является относительно дорогим и выделяет значительное количество CO₂, в то время как

Транспортировка и хранение такого топлива в отдаленные районы также сопряжена с рядом проблем [1]. Гибридные системы возобновляемых источников энергии, состоящие из солнечной и ветровой энергии, предлагают новые решения для удаленных районов вне энергосистемы и обеспечивают нулевые выбросы [2-4]. Таким образом, чтобы решить проблему надежной автономной системы выработки электроэнергии, гибридные системы выработки электроэнергии, состоящие из традиционных генераторов и возобновляемых источников энергии, привлекли внимание производителей энергии и теперь широко используются для обеспечения электроэнергией отдаленных районов [5-6]. Одним из важных вопросов для гибридных систем генерации энергии является оптимизация размера компонентов, чтобы гарантировать их экономичность и экологичность [7-9]. Были предложены различные подходы для оптимизации размеров гибридных систем выработки электроэнергии. Гибридная ветровая / фотоэлектрическая система генерирования энергии

обычно разрабатывалась как автономная или подключенная к сети. Оптимальное сочетание ветровой и фотоэлектрической генерации в сочетании с аккумуляторным аккумулятором было использовано для удовлетворения годовой нагрузки [10]. В соответствии с различными сценариями был проведен экономический анализ для обоснования использования возобновляемых источников энергии по сравнению со строительством продолжения линии от ближайшей существующей линии электропередачи для снабжения нагрузки традиционной мощностью [11-13]. Что касается оптимального размера автономных ветряных / фотоэлектрических систем, оптимальное количество и тип блоков было определено путем минимизации 20-летней общей стоимости системы при ограничении требований к энергии нагрузки [14]. Следует отметить, что минимизация функции стоимости проводилась с использованием генетических алгоритмов, которые позволяют достичь почти оптимального или хорошего решения при относительной простоте вычислений [15-16]. Для других алгоритмов оптимизации размера для аналогичных гибридных систем выработки электроэнергии алгоритм оптимизации роя частиц с точки зрения скорости и сходимости к хорошему решению превосходил традиционно генетические алгоритмы, которые использовались в литературе [17-19]. был использован алгоритм моделирования отжига для минимизации общей стоимости гибридной энергетической системы, которая позволила получить лучшие результаты, чем методология поверхности отклика [20]. Рисунок 1. Показывает схему гибридной системы возобновляемых источников энергии.

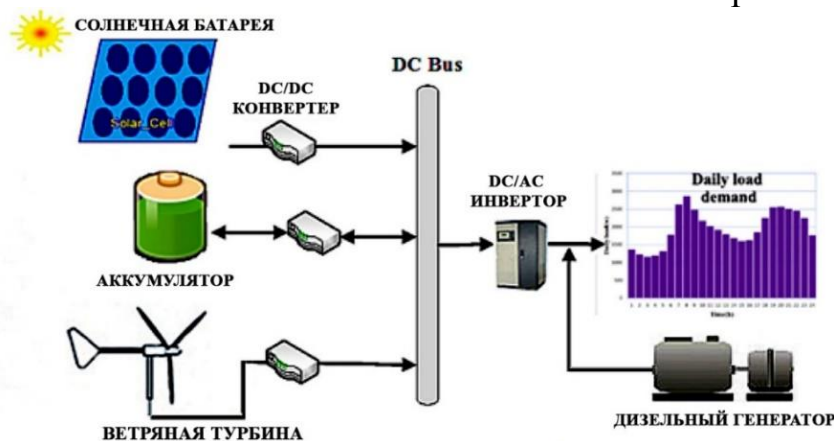


Рисунок 1. Принципиальная схема автономной гибридной системы возобновляемой энергии PV / ветер / дизель [21]

В этой статье представлена имитационная и математическая модель автономной системы преобразования энергии ветра в сочетании с солнечной фотоэлектрической и энергетической системой на базе ди-

дизельного двигателя. Система преобразования солнечной и ветровой энергии разработана с контролем максимальной мощности, силовым электронным интерфейсом и напряжением регуляторы. Дизельный электрогенератор подключен к гибридной системе из-за случайного характера возобновляемых источников энергии. Регулирование частоты управляется простой стратегией управления с дискретной трехфазной автоподстройкой частоты вместе с резистивной демпфирующей нагрузкой.

Система управления энергопотреблением для гибридного энергетического комплекса

По сравнению с другими возобновляемыми источниками энергии доступность энергии ветра очень высока [22-24]. В этой модели приоритет отдается энергии ветра, поскольку она может генерировать энергию как днем, так и ночью. Однако считается, что солнечные фотоэлектрические системы могут продолжать работу в зависимости от нагрузки. Первоначально дизельный двигатель обеспечивает поддержку до тех пор, пока мощность, генерируемая солнечными фотоэлектрическими батареями или ветровой энергией, или общее количество генерируемой энергии не достигнет 5 кВт. Как только общая генерируемая мощность достигает 5 кВт, система контроля выключает дизельный двигатель.

Можно добавить два блока дополнительной нагрузки резистивной в зависимости от общей генерируемой мощности. Если общая выработка электроэнергии достигает 10 кВт, система контроля замыкает выключатель для первой дополнительной нагрузки. Выключатель второй дополнительной нагрузки замыкается, если общая выработка электроэнергии достигает 12,5 кВт. Таким образом, общая доступная нагрузка для автономной гибридной энергосистемы составляет 15 кВт. Алгоритм наблюдения за управлением энергопотреблением можно описать следующей блок-схемой:

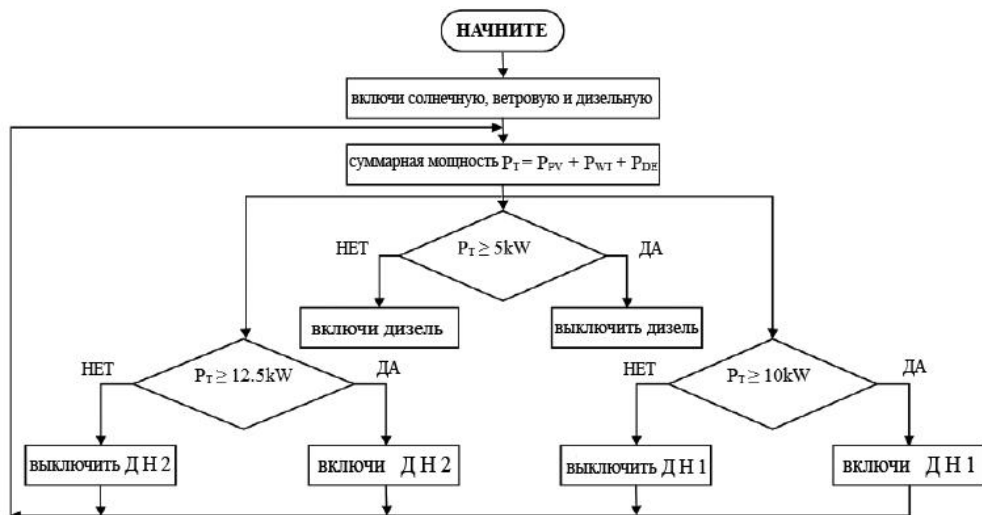


Рисунок.2. Блок-схема алгоритма управления мощностью для гибридной энергетической системы солнечный-ветер-дизель

Здесь P_T - общая мощность, P_{PV} , P_{WT} и P_{DE} - мощность вырабатываемая солнечной (PV), ветровой турбиной (WT) и дизельным двигателем (DE) соответственно. ДН1 и ДН 2 - это две дополнительные группы резистивных нагрузок наряду с основной нагрузкой.

Моделирование и Результаты

Выполнено моделирование для изучения поведения управления мощностью для автономной гибридной энергетической модели солнечного ветра и дизельного топлива. Модель построена на платформе Matlab / Simulink и SimPower как показано на рисунке 3. Ниже приведены результаты моделирования:

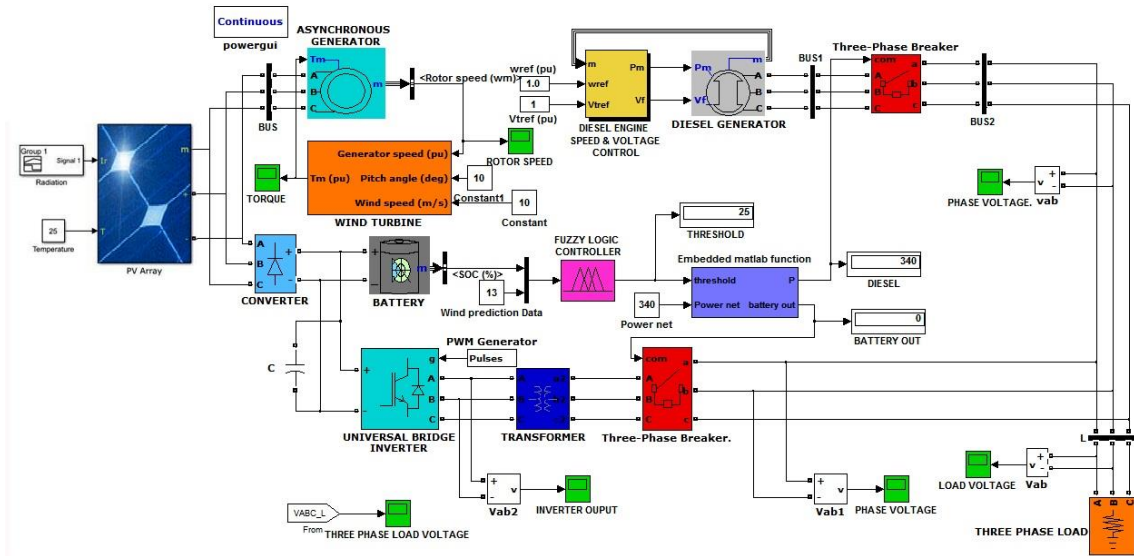


Рисунок 3. Имитационная модель автономной гибридной энергетической системы солнечно-ветро-дизельная в программе Matlab

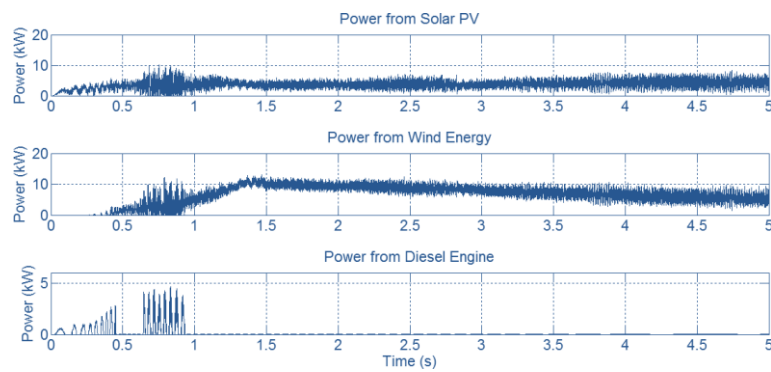


Рисунок 4. Выбатываемая Энергия солнечными фотоэлектрическими батареями, ветровой энергией и дизельным двигателем

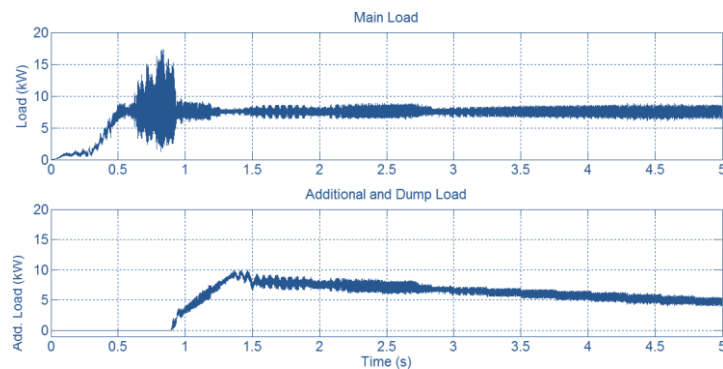


Рисунок 5. Активная основная нагрузка, дополнительная нагрузка и мощность сбросной нагрузки в кВт

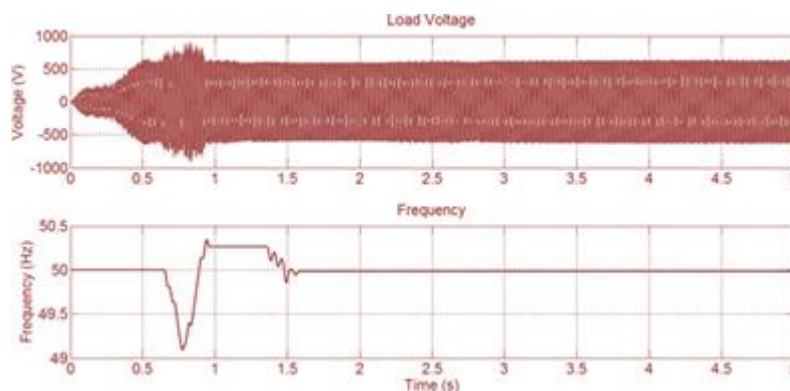


Рисунок 6. Напряжение нагрузки (В) и частота системы (Гц)

На рис. 4 показана мощность, вырабатываемая солнечными фотоэлектрическими батареями, ветровой энергией и дизельным генератором. Средняя мощность, вырабатываемая солнечными фотоэлектрическими панелями, составляет примерно 6 кВт. Энергия ветра вырабатывает до 10 кВт в зависимости от нагрузки. Дизельный двигатель выключается, когда общая генерируемая мощность достигает 5 кВт. Мощность нагрузки в кВт, потребляемая резистивной основной нагрузкой, дополнительной нагрузкой и сбросной нагрузкой, показана на рис. 5. Выключатель для первой дополнительной группы нагрузок замыкается, когда и солнечная фотоэлектрическая система, и система преобразования энергии ветра работают и обеспечивают основную нагрузку 10 кВт. Другой выключатель для второй дополнительной нагрузки замыкается, когда общая выработка электроэнергии достигает 12,5 кВт. Чтобы регулировать частоту, все нагрузки сброса добавляются вместе с дополнительными нагрузками от 0,8 до 1,5 с. Регулятор частоты отключает их постепенно, когда через 1,5 с частоты стабилизируются на уровне 50 Гц.

На рис. 6 показано регулирование напряжения на стороне нагрузки и состояние частоты системы. Наблюдаются некоторые колебания напряжения нагрузки между периодом от 0,6 до 0,8 с, когда в процессе работы добавляются солнечная и ветровая энергия. Частота системы изменяется в течение того же периода из-за той же операции.

Выводы

В этом исследовании представлена подробная модель гибридной энергетической системы. Имитационная модель разработана для изучения поведения автономной гибридной энергетической системы солнечного-ветра и дизельного топлива. В статье описана математическая модель системы преобразования солнечной и ветровой энергии. Система преобразования солнечной и ветровой энергии состоит из системы отслеживания точки максимальной мощности и регулирования напряже-

ния. Для анализа надежности гибридной энергетической системы разработана простая стратегия управления питанием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ производительности гибридных фото-ветроэлектрических установок / Абд Али, Лаит Мохаммед А., Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // Энергетические установки и технологии. 2019. Т. 5, № 2. С. 61–68.
2. Абд Али, Лаит Мохаммед, Хайдер Абдулсахиб Исса. Using tidal energy as a clean energy source to generate electricity // Молодой ученый. 2018. № 11. С. 62–69.
3. Абдали Л.М., Аль-Руфай Ф.М., Якимович Б.А., Кувшинов В.В., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д. Комбинированная энергетическая установки для преобразования солнечной и ветровой энергии. международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2020» – Севастополь: СевГУ, 2020. с.21-28
4. Абд Али Лаит Мохаммед, Хайдер Абдулсахиб Исса. Разработка элементов Smart Grid для оптимизации режимов районных сетей // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 117–120.
5. Kuvshinov V.V., Abd Ali L.M., Kakushina E.G. Studies of the PV Array Characteristics with Changing Array Surface Irradiance. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 223-228. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040054>.
6. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A. Lyamina, N.V. Some Results of a Study of Wave Energy Converters at Sevastopol State University. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 256-259. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040029>.
7. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. An Offshore Wind-Power-Based Water Desalination Complex as a Response to an Emergency in Water Supply to Northern Crimea. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 260-264. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040030>.
8. Guryev V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. Improvement of Methods for Predicting the Generation Capacity of Solar Power Plants: the Case of the Power Systems in the Republic of Crimea and City of Sevastopol. Appl. Sol. Energy, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 242-246. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040042>.
9. Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H., Abd Ali L.M. Electricity generation by using a hybrid system (photovoltaic and fuel cell). J. Eng.

- Appl. Sci., 2019, no. 14, pp. 4414-4418. doi.org/10.3923/jeasci.2019.4414.4418.
10. Layth Mohammed Abd Ali, Haider Ahmed Mohmmmed and Husam Abdulhusein Wahhab. A Novel Design of 7-Level Diode Clamped Inverter. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2019, no. 14, pp. 3666-3673. doi.org/10.36478/jeasci.2019.3666.3673.
 11. Kuvshinov V.V., Kolomiychenko V.P., Kakushkina E.G. Storage System for Solar Plants. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 153-158. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030046>.
 12. Kuznetsov, N. P., Abd Ali, M. L., Kuvshinov, V. V., Issa, A. H., Mohammed, J. H., & Al-bairmani, G. A.. Investigation of the losses of photovoltaic solar systems during operation under partial shading. *Journal of Applied Engineering Science*, 2020, Vol. 18, No. 3, pp. 313 - 320. Doi :10.5937/jaes18-24460.
 13. Abd Ali, L. M., Al-Rufae, F. M., Kuvshinov, V. V. et al. Study of Hybrid Wind–Solar Systems for the Iraq Energy Complex. *Appl. Sol. Energy*, 2020, vol. 56, no. 4, pp. 284–290. <https://doi.org/10.3103/S0003701X20040027>.
 14. Мохаммед Абд Али Лаит, Исса Хайдер Абдулсахиб. Использование ветроэлектростанций в электроэнергетических системах // Теория и практика актуальных исследований: материалы VI Международн. науч.-практ. конф. (Краснодар, 25 марта 2014 г.). В 2 т. Краснодар, 2014. 150 с. Т. II. С. 86–89.
 15. Абдали, Л. М. А., & Аль-Руфай, Ф. М. М. Simulation of a model photovoltaic power system to generate electricity. В сборнике: *LinguaNet. Сборник материалов Всероссийской молодежной научно-практической конференции с международным участием «LinguaNet»*. 2019. С. 234-240.
 16. Abd Ali L.M., Ahmed Mohmmmed H., Anssari M.O.H. Modeling and simulation of tidal energy. *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 3698-3706. DOI: 10.36478/jeasci.2019.3698.3706
 17. Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д., Якимович Б.А., Моделирование и контроль энергии ветра, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", - Томск: ТПУ, 22–24 апреля 2020 г., с. 14-19.
 18. Абдали Л.М. Моделирование параметров управления интегрированной системой солнечной генерации и накопления энергии [Электронный ресурс]/ Л.М. Абдали, В.В. Кувшинов, Э.А. Бекиров, Ф.М. Аль-Руфай // *Строительство и техногенная безопас-*

- ность. — 2020. — № 18(70). — с.133-142. — DOI: 10.37279/2413-1873-2020-18-133-142.
19. Абдали, Л. М. А., & Кувшинов, В. В. Генерация электрической энергии гибридной силовой установкой. В сборнике: научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов. Сборник докладов IX Всероссийской научно-практической конференции. Томский политехнический университет. 2019. С. 66-73.
20. Оптимизация аккумулирования энергии в гибридных системах ветроэнергетики и фотовольтаики / Л. М. Абдали, Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 2. С. 100–108. doi: 10.22213/2413-1172-2020-2-100-108.
21. Исса Х. А., Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Мансор М. Ф., Мохаммед Х. Д., Моделирование фотоэлектрического модуля с помощью программы matlab, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, с.116-122.
22. Оценка потенциала ветроэнергетических ресурсов на юге Ирака / Ф. М. Аль-Руфай, Л. М. Абдали, В. В. Кувшинов, Б. А. Якимович // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 3. С. 105–113. DOI: <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2020-18-133-142>
23. Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Мохаммед Х. Д., Якимович Б. А., Кувшинов В. В. Моделирование гибридной фото-ветроэнергетической системы с сетевым подключением. В сборнике: Возобновляемые источники энергии. Материалы Всероссийской научной конференции с международным участием и XII научной молодежной школы, 2020, С. 117-128.
24. Мохаммед, Х. Д., Абдали, Л. М., Исса, Х. А., & Аль-Руфай, Ф. М., Разработка обобщенной фотоэлектрической Модель с MATLAB использованием, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, с.166-172.

Абделмагид Абделрахман Мохамед Хамед (Египет)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Орлова Евгения Георгиевна, к.ф.-м.н.,

СДВИГ ТЕМПЕРАТУРЫ ЛЕЙДЕНФРОСТА НА ПОВЕРХНОСТЯХ КАРБИДОКРЕМНИЕВОЙ КЕРАМИКИ, ТЕКСТУРИРОВАННЫХ ЛАЗЕРНЫМ ИЗЛУЧЕНИЕМ

Карбидокремниевая керамика является перспективной для использования в качестве конструкционного материала теплопередающих устройств в атомной промышленности. Благодаря уникальному сочетанию теплофизических и механических свойств керамики технологические поверхности, изготовленные из этого материала, способны функционировать в экстремальных условиях [1]. Известны [2] исследования возможности использования материалов, изготовленных из SiC, в качестве оболочек тепловыделяющих элементов реакторов на легкой воде. Преимущества SiC по сравнению с циркониевыми сплавами: высокая температура плавления, более низкая скорость образования водорода в результате реакции с водой при высоких температурах, высокая коррозионная стойкость [2]. Однако использование этого материала не решает проблемы кризиса теплообмена, возникающего при подводе к теплоносителю тепловых потоков высокой плотности. Кризис теплообмена представляет собой эффект Лейденфроста, который является частным случаем пленочного кипения [3]. Капля жидкости при контакте с твердой поверхностью, температура которой значительно выше температуры кипения этой жидкости, формирует теплоизолирующий слой между поверхностью и жидкостью, значительно снижающий интенсивность теплообмена. Температура поверхности теплонагруженного оборудования в таких случаях будет увеличиваться, что может привести к его возгоранию или тепловому разрушению.

Реализация эффекта Лейденфроста зависит от большого числа факторов: химический состав и текстура поверхности, ее свободная поверхностная энергия, теплофизические свойства жидкости и твердого тела [4]. До настоящего времени не установлено какой из факторов является доминирующим. Мало работ посвящено исследованию кризиса теплообмена на поверхностях керамики. В настоящей работе предложен новый подход к решению проблемы управления кризисом теплообмена на поверхностях карбидокремниевой керамики за счет их модификации лазерным излучением.

В работе использовались образцы субмикронной карбидокремниевой керамики, изготовленные методом искрового плазменного спекания

с использованием системы GT Advances Technologies SPS10-4 [5] при температуре 1700 °С и давлении 120 МПа. Поверхность одного образца полировалась алмазными пастами, второго обрабатывалась лазерным излучением. Последнее проводилось иттербиевым наносекундным импульсным волоконным лазером IPG-Photonics с длиной волны 1064 нм в воздушной среде. Лазерный импульс длительностью 200 нс, частотой 20 кГц, при фиксированной энергии в импульсе 1 мДж фокусировался на поверхностях в пятно диаметром 60 мкм. Двухосевым гальваносканером контролировалась скорость перемещения луча 200 мм/с и количество линий прохода 60 на 1 мм.

Исследования кризиса теплообмена выполнялись на экспериментальной установке (рис. 1) с использованием теневого оптического метода.

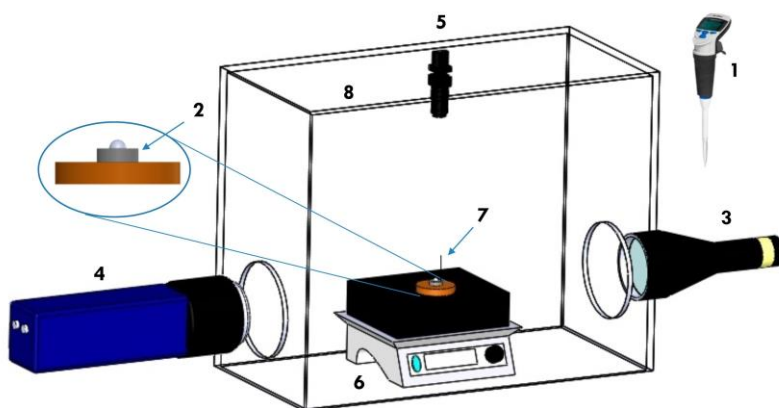


Рисунок 1. Схема экспериментальной установки: 1 – дозатор, 2 – образец SiC, 3 – источник света, 4 – видеокамера, 5 – видеокамера, 6 – плита, 7 – термопары, 8 – прозрачный бокс

Дозирующим устройством 1 капля типичного теплоносителя (дистиллированная вода) помещалась на разогретый образец 2. Системой источник света 3 и высокоскоростная видеокамера 4 осуществлялась видеорегистрация процесса. После раскадровки теневые изображения обрабатывались в программном обеспечении Drop Shape Analysis [6]. Определялись геометрические параметры капель и время их жизни. Погрешность не превышала 5%. Камерой 5 контролировалось расположение капли на поверхности. Нагрев осуществлялся плитой 6 с возможностью автоматически поддерживать заданную температуру. Температура регистрировалась термопарами 7 типа хромель-алюмель (погрешность $\pm 0,1$ °С). Одна устанавливалась с нижней стороны образца, две другие с верхней. Прозрачный бокс 8 использовался для минимизации воздействия окружающей среды на исследуемый процесс.

Смачивание поверхности и ее текстура значительно влияют на процесс испарения малых объемов жидкости. Поэтому предварительно мы исследовали свойства смачивания полированного и текстурированного образцов SiC по величине статического контактного угла (θ), сформированного каплей воды объемом 10 мкл и поверхностью. Установлено, что на полированном образце SiC θ варьируется в широком диапазоне (от 62° до 92°) в зависимости от области, в которую помещается капля. Такое явление называется гистерезисом контактного угла, причиной которого является шероховатость поверхности и химическая неоднородность. Шероховатость полированной поверхности оценена параметром $Sa=4,75$ мкм. Таким образом, с учетом гистерезиса на полированном образце – $\theta = 77^\circ \pm 15^\circ$. Текстурированный образец характеризуется меньшим значением θ (лучшей смачиваемостью). Последнее связано с увеличением поверхностной энергии после лазерного текстурирования за счет образования оксидов [7]. Однако, разброс углов незначителен $\theta = 20^\circ \pm 5^\circ$ из-за меньшей шероховатости – $Sa=1,85$ мкм.

Испарение капель исследовалось в широком диапазоне варьирования температуры нагрева поверхности SiC: от 80°C до 300°C .

В современной литературе известно три способа определения эффекта Лейденфроста: 1) по величине контактного угла; 2) по зависимости времени жизни капли от температуры нагретой поверхности; 3) по наличию парового слоя, формирующегося между каплей и поверхностью. В настоящей работе использованы все три способа. На рисунке 2 представлены фотоизображения капель на нагретых поверхностях SiC. С помощью оборудования теневого метода установлено, что температура Лейденфроста для капли дистиллированной воды объемом 10 мкл на полированной поверхности составила 210°C , для текстурированной – 260°C . При таких температурах формируется теплоизолирующий слой между поверхностью и жидкостью, капля приобретает сфероидальную форму (контактный угол равен 180°), витая над поверхностью. При этом, форма капли определяется взаимодействием силы тяжести, поверхностного натяжения и динамики пара в пространстве между поверхностью нагрева и нижней поверхностью жидкого сфероида.



Рисунок 2. Фотоизображение левитирующей капли объемом 10 мкл на нагретых поверхностях SiC: (а) полированная, (б) текстурированная

На рисунке 3 представлены зависимости времени испарения капель от температуры нагрева поверхностей SiC.

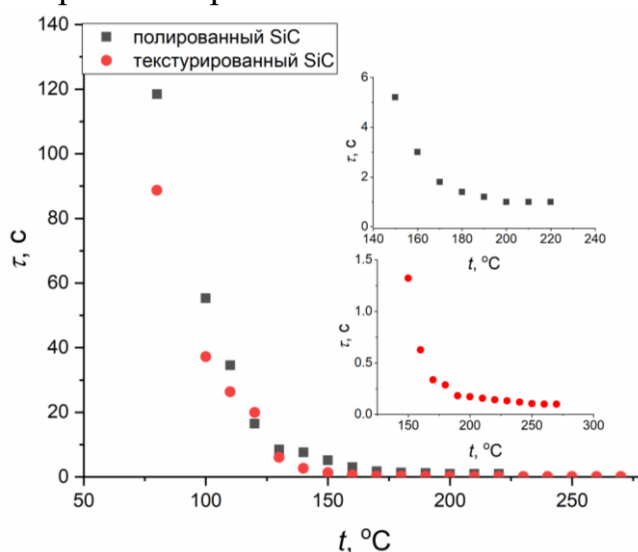


Рисунок 3. Зависимости времени испарения капли воды объемом 10 мкл от температуры нагрева поверхностей SiC

Время испарения капель в состоянии Лейденфроста практически не изменяется при повышении температуры из-за изоляционного парового слоя. Поэтому исходя из представленных зависимостей температуры начала эффекта Лейденфроста равны 200 °C и 250 °C на полированной и текстурированной поверхностях, соответственно.

Наличие парового слоя зарегистрировано по результатам анализа теневых изображений капель воды (рис. 2) на поверхностях SiC на полированной при температуре 210·°C, на текстурированной – 260·°C. Толщина парового слоя на полированной поверхности составила 0,045 мм, на текстурированной – 0,023 мм.

По результатам проведенных экспериментов предложен и обоснован новый подход к решению проблемы теплофизики – управление кри-

зисом теплообмена. С помощью лазерного текстурирования поверхностей карбидокремниевой керамики удалось увеличить температуру Лейденфроста на 50·°С по сравнению с температурой на полированной поверхности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Snead L.L., Nozawa T., Katoh Y., and Byun. T. Handbook of SiC properties for fuel performance modeling // Nuclear Materials. – 2008. – Vol. 371., No. 2007. – P. 329–377.
2. Wang. Z., Qu. W., Xiong. J., Zhong. M., and Yang. Y., Investigation on effect of surface properties on droplet impact cooling of cladding surfaces // Nuclear Engineering and Technology. – 2020. – Vol. 52., No. 3. – P. 508–519.
3. Кутателадзе. С. С., Накоряков. В. Е. Тепломассообмен и волны в газожидкостных системах. – Новосибирск.: Наука, 1984.
4. Liu. G., Craig. V.S.J. Macroscopically flat and smooth superhydrophobic surfaces: Heating induced wetting transitions up to the Leidenfrost temperature Exploring nanoscale hydrophobic hydration // Faraday Discussions. – 2010. – Vol. 146. – P. 13–18.
5. Sivkov A.A., Nikitin D.S., Pak A.Y., and Rakhmatullin I.A., Direct plasmadynamic synthesis of ultradisperse silicon carbide // Technical Physics Letters. – 2013. – Vol. 39., No. 1. – P. 105–107.
6. Islamova A., Orlova. E. Wettability inversion of aluminum-magnesium alloy surfaces // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2021. – Vol. 1019., No. 1. – P. 8–13.
7. Yang Z., Liu X., and Tian Y. Insights into the wettability transition of nanosecond laser ablated surface under ambient air exposure // Journal of Colloid and Interface Science. –2019. – Vol. 533. – P. 268–277.

Аденан Хамза (Марокко)

Пулатов Тимир Немаджонович (Испания)

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королёва, г. Самара

Научный руководитель: Угланов Дмитрий Александрович,
к. т. н., доцент

РАЗРАБОТКА И СОЗДАНИЕ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА С КРИОГЕННОЙ СИЛОВОЙ УСТАНОВКОЙ

В последнее время беспилотные летательные аппараты показали себя очень хорошо в разных областях, включая военную область и экономическим преимуществом по сравнению с пилотируемых самолетов. В связи с нестабильностью цены горючего, и нарастающий спрос на уменьшения вредных выбросов, в лаборатории криогенной техники в институте двигателей и энергических установок Самарского университета ведутся работы по реализации данного проекта - гибридный беспилотный летательный аппарат (БПЛА).

В данной работе будем рассматривать разработку гибридного БПЛА, выполненный по схеме тянущий-толкающий. Передний двигатель является двигатель внутреннего сгорания (ДВС), а задний - Детандр на криогенном топливе. В качестве криогенного топлива будет использоваться азот.

1. Описание беспилотного летательного аппарата и принцип работы криогенного-двигателя

При проектировании было составлено техническое задание который заключается в определении летных характеристик данного летательного аппарата (ЛА). На базе статистики сверхлегких самолётов и в зависимости от требования к БПЛА и поставленным им заданием были определены следующие параметры [2]:

$$\lambda = 5; S = 5 \text{ м}^2; \bar{c}_0 = 0,17; \lambda_\phi = 8,4$$

$$\bar{S}_{Г0} = 0,3; \bar{S}_{В0} = 0,12; \bar{b} = 0,4; \bar{B} = 0,25; p_0 = 44 \text{ даН/м}^2$$

где λ – удлинение крыла; η – сужение крыла; χ – стреловидность крыла; $\bar{S}_{Г0}$ и $\bar{S}_{В0}$ – это относительная площадь горизонтальной и вертикального оперение; \bar{b} – относительная база шасси; \bar{B} – относительная колея шасси; p_0 – удельная нагрузка на крыло.

Летно-технические характеристики

Крейсерская скорость $V_{кр} = 170 \text{ км/ч}$;

Высота полёта на крейсерском режиме $H_{кр} = 5000 \text{ м}$;

Длина разбега разб не более 150 м;

Максимальная дальность полета с расчетной нагрузкой 800 км;

Масса целевой нагрузки 15 кг;

Взлетная масса 220 кг.

Камера, бортовой компьютер, полетный контролер, размещаются в передней части фюзеляжа. Целевая нагрузка размещается в корпусе в центральной части фюзеляжа. Топливо хранится в баках в крыле.

Расположение крыла принято высокоплан так как такая схема более устойчива. Высоко расположенное крыло упрощает схему крепления фюзеляжа-крыло.

Аэродинамическая схема БПЛА является нормальной, шасси имеет трёхопорную схему с передним расположением вспомогательной опоры. Шасси принято убирающиеся, т.к. оно увеличит аэродинамическое качество БПЛА.

2. Принцип работы двигателя на криогенном топливе.

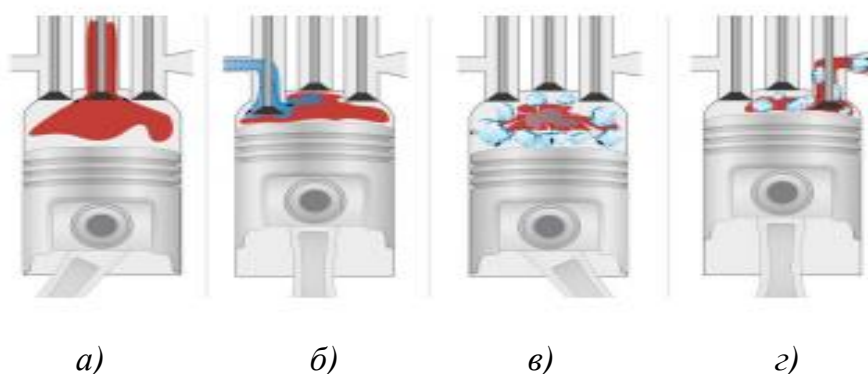


Рисунок 1. Процесс работы двигателя

1) Горячий теплоноситель (этиленгликоль) подаётся в цилиндр (рисунок 1(а));

2) затем, жидкий азот вводят в цилиндр, который входит во взаимодействие с высокотемпературной жидкостью, и за счёт этого он начинает расширяться (рисунок 1(б));

3) тепло от теплоносителя поглощается расширяющимся газом, в результате чего происходит изотермическое расширение (рисунок 1(в));

4) поршень вынужденно опускается вниз, выпускной клапан открывается, и смесь газа и горячего теплоносителя удаляется из двигателя (рисунок 1(г));

5) затем, горячий теплоноситель отделяется из смеси в сепараторе и возвращается в резервуар, в то время как азот или воздух выводится в атмосферу.

На рисунке 2 представлена схема установки с криогенным баллоном и турбодетандером.

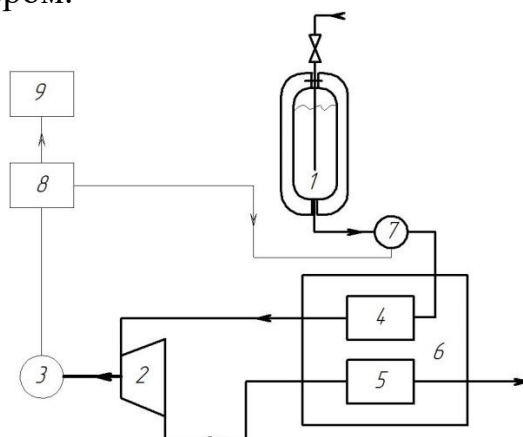


Рисунок 2. Схема установки с криогенным баллоном и турбодетандером

- 1 – баллон с криогенной заправкой; 2 – турбодетандер;
3 – электрогенератор; 4 – теплообменник криогенного рабочего тела;
5 – теплообменник криогенного рабочего тела; 6 - термокамера;
7 – криогенный насос; 8 – преобразователь частоты;
9 – блок литий ионных батарей

Принцип работы данной установки состоит в следующем:

Криогенная жидкость из баллона 1, при помощи насоса 7, поступает в теплообменник 4, где происходит кипение. Удельная работа (теплота парообразования, подогрев однофазного потока) и расход жидкости, определяют холодопроизводительность предлагаемой энергетической установки, хладагент в виде пара поступает в турбодетандер 2, полученная работа через привод идет на электрогенератор 3, поток расширившись в межлопаточном канале захлаживается, что позволяет повторно использовать пар в теплообменнике 5.

3. Аэродинамических результатов

Далее был произведён аэродинамический расчет с целью определения аэродинамических качеств БПЛА и определения потребной мощности силовой установки, которая обеспечит крейсерский полёт на криогенном топливе.

Полученные результаты по аэродинамическому разделу показаны в виде графиков на рисунках 3 – 6.

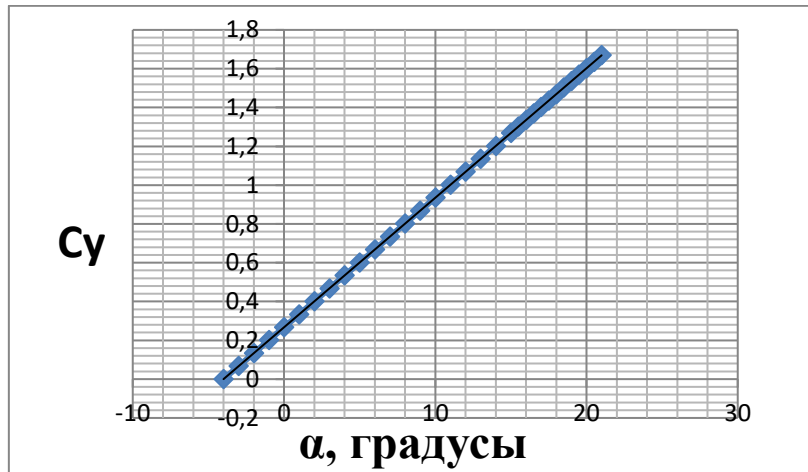


Рисунок 3. Зависимость коэффициента подъемной силы от угла атаки самолета

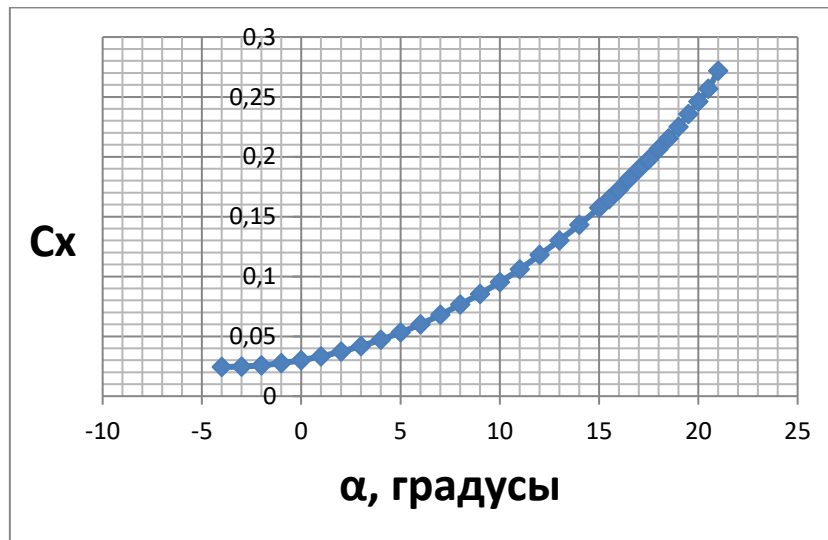


Рисунок 4. Зависимость коэффициента сопротивления самолета от угла атаки самолета

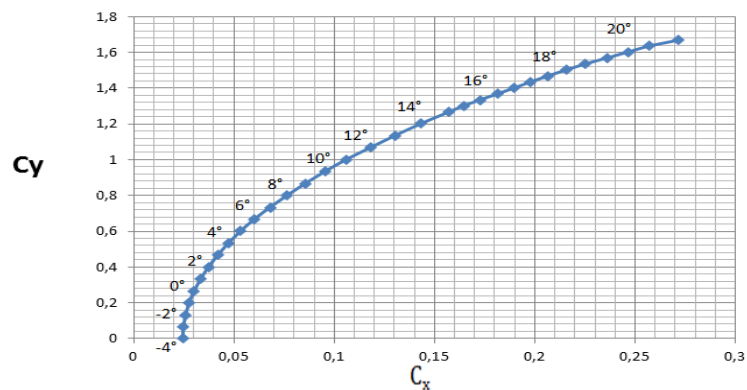


Рисунок 5. Поляра БПЛА

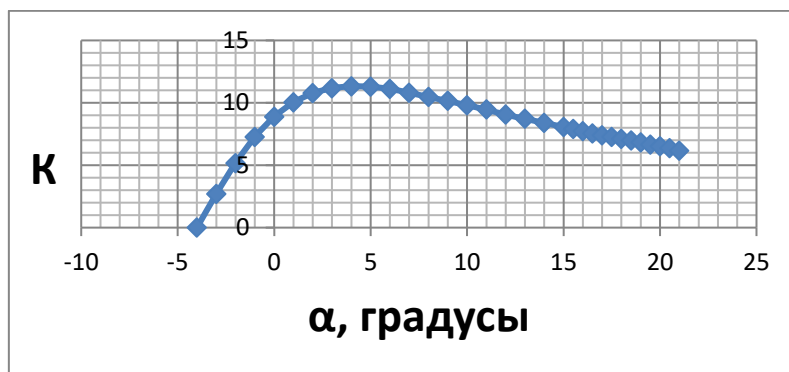


Рисунок 6. Изменение аэродинамического качества БПЛА в зависимости от угла атаки крыла

Потребная тяга которой детандер должен обеспечить при максимальной качества и это будет выполняться при угол атаки равен 4°

$$P_{\pi} = \frac{G}{K} = \frac{2158,2}{11,3195} = 190,662 \text{ Н}$$

В свою очередь потребная мощность горизонтального полета равна произведению потребной тяги на скорость полета[1]:

$$N_{\pi} = P_{\pi} \times V_{\text{гп}}$$

При 4°

$$N_{\pi} = 190,662 \times 40,074 = 7640,58 \text{ Вт}$$

Следующий график (рисунок 7) показывает потребную мощность для горизонтального полета к углу атаки самолета.

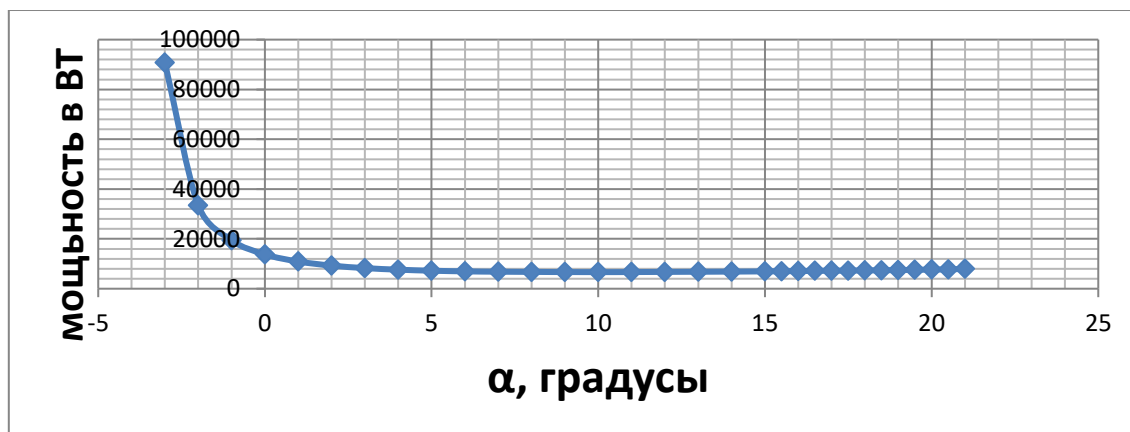


Рисунок 7. Потребная мощность для горизонтального полета к углу атаки

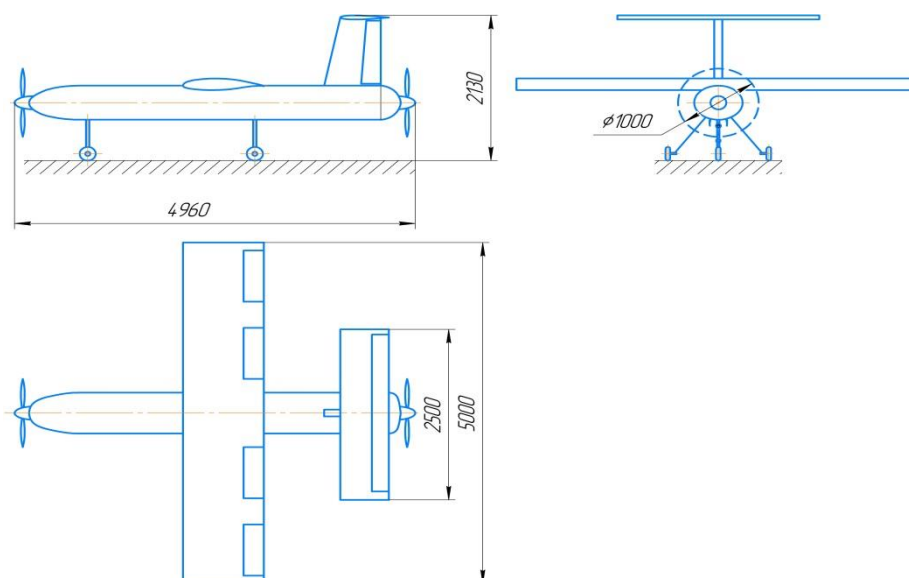


Рисунок 8. Схема общего вида БПЛА

Вывод

По результатам расчетов были получены следующие результаты, то что при крейсерский полет потребную мощность необходимую составляла 7,6 кВт при угол атаки 4° , то что означает что криогенную силовую установку необходимо ей создать такую мощность что бы осуществить крейсерский полет.

Результаты работы получены с использованием оборудования центра коллективного пользования «МЕЖКАФЕДРАЛЬНЫЙ УЧЕБНО-ПРОИЗВОДСТВЕННЫЙ НАУЧНЫЙ ЦЕНТР САМ-ТЕХНОЛОГИЙ» при финансовой поддержке Минобрнауки России (проект № 0777–2020–0019).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Чумак П.И. и Кривокрысенко В. Ю Расчет проектирование и постройка сверхлегких самолетов. – Москва.: Издательство, 1991. – 235 с.
2. Проектирование легких и сверхлегких летательных аппаратов / Под ред. И.П. Вислов. – Самара.: Издательство, 2005. – 111 с.
3. Двигатель детандер // URL: <https://holodcatalog.ru/entsiklopedii/promyshlennoe-oborudovanie/dvigatel-dearman-na-zhidkom-azote/> (дата обращения 29.03.2020).

Али К.А., Абдали Л. М., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д. (Ирак)
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, г. Санкт-Петербург,
Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
Научный руководитель: Коровкин Николай Владимирович,
д.т.н., профессор

АНАЛИЗ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ЭЛЕМЕНТОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕТОДОВ СИМУЛЯЦИИ И АЛГОРИТМА МРРТ

Введение:

Весь мир сталкивается с проблемой преодоления препятствий энергетического кризиса. Уменьшение запасов невозобновляемых энергоресурсов, таких как уголь, природный газ, ископаемое топливо и т. д., усугубило это беспокойство. Таким образом, совершенно очевидно, что существует потребность в разработке альтернативных источников энергии [1].

Фотоэлектрический модуль представляет собой основную единицу преобразования мощности фотоэлектрической генераторной системы. Выходные характеристики фотоэлектрического модуля зависят от солнечной инсоляции, температуры элемента и выходного напряжения фотоэлектрического модуля [2]. Поскольку фотоэлектрический модуль обладает нелинейными характеристиками, необходимо смоделировать его для проектирования и симуляции слежения за точками максимальной мощности (МРРТ) для приложений фотоэлектрической системы. Были построены математические модели PV, используемые в компьютерном моделировании [3-5]. Почти все хорошо разработанные фотоэлектрические модели описывают выходные характеристики, которые в основном зависят от солнечной инсоляции, температуры элемента и напряжения нагрузки. В последнее время ряд мощных программных пакетов для моделирования электроники стал популярным в разработке и разработке приложений для силовой электроники [6]. Тем не менее, инструмент Sim Power System в пакете Matlab / Simulink предлагает модели ветряных турбин, но не модель PV для интеграции с современной технологией моделирования электроники. Таким образом, трудно моделировать и анализировать в общем моделировании фотоэлектрической системы питания. Это побуждает меня разрабатывать модель для PV ячейки, модуля и массива, используя Matlab / Simulink [7].

Тем не менее, солнечная энергия является разбавленным источником энергии, и ее доступность сильно меняется со временем. Таким об-

разом, очень важно сделать полное использование солнечной энергии в доступное время [8]. Для солнечной панели доступно много алгоритмов отслеживания максимальной мощности, чтобы обеспечить максимальную производительность. Очень важно, чтобы он работал последовательно на максимальной мощности. Метод возрастающей проводимости MPPT описан здесь с его максимальной точкой мощности [9].

Моделирование фотоэлектрической и решетчатой модели

Солнечный элемент в основном представляет собой p-n-переход, изготовленный из тонкой пластины или слоя полупроводника. Электромагнитное излучение солнечной энергии может быть напрямую преобразовано в электричество посредством фотоэлектрического эффекта. Под воздействием солнечного света фотоны с энергией, превышающей энергию запрещенной зоны полупроводника, поглощаются и создают пары электрон-дырка, пропорциональные падающему облучению [10-12]. Фотоэлектрическая система, естественно, обладает нелинейными характеристиками IV и PV, которые зависят от интенсивности излучения и температуры ячейки. На рис.1 показаны схемы эквивалентной схемы фотоэлемента [13].

Поскольку типичный фотоэлемент вырабатывает менее 2 Вт при напряжении примерно 0,5 В, элементы должны быть последовательно соединены в модуле для получения достаточно высокой мощности [14]. Фотоэлектрическая матрица представляет собой группу из нескольких фотоэлектрических модулей, которые электрически соединены последовательно и параллельными цепями для генерации необходимого тока и напряжения.

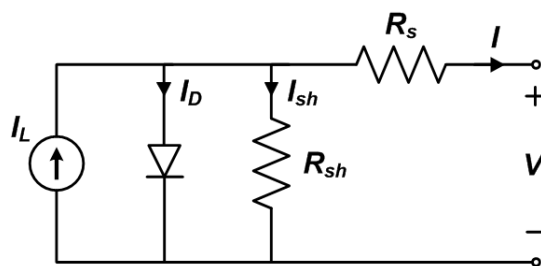


Рисунок 1. Эквивалентная модель цепи фотоэлемента

Эквивалентная схема для солнечного модуля, расположенного в параллели NP и серии NS, показана на рис.2. Клеммой уравнение для тока и напряжения массива выглядит следующим образом [15].

$$I = N_P I_{PH} - N_P I_S \left[\exp \left(\frac{q(V/N_S + IR_S)/N_P}{KTqA} \right) - 1 \right] - (N_P V/N_S + IR_S)/R_{SH} \quad (1)$$

Где I_{PH} - световой ток или фототок, I_S - насыщение ячейки темновым током, q ($= 1,6 \times 10^{-19}C$) - заряд электрона, k ($= 1,38 \times 10^{-23} Дж / K$) - постоянная Больцмана, T_C - рабочая температура элемента, A - идеальный фактор, R_{SH} - сопротивление шунта, а R_S - последовательное сопротивление [16-18]. Фототок в основном зависит от солнечной инсоляции и рабочей температуры элемента, который описывается как

$$I_{PH} = [I_{SC} + K(T_C - T_{ref})] \lambda \quad (2)$$

Где I_{SC} — это ток короткого замыкания элемента при $250C$ и 1 кВт/м², K - это температурный коэффициент тока короткого замыкания элемента, T_{ref} - эталонная температура элемента, а при λ - это где I_{RS} - эталонный ток обратного насыщения элемента. температура и солнечное излучение, E_G - энергия запрещенной зоны полупроводника, используемого в ячейке [19]. Идеальным фактором солнечной инсоляции является кВт/м². С другой стороны, ток насыщения ячейки изменяется в зависимости от температуры ячейки, которая описывается как

$$I_S = I_{RS} (T_C / T_{ref})^3 \exp \left[\frac{q E_G \left(\frac{1}{T_{ref}} - \frac{1}{T_C} \right)}{k A} \right] \quad (3)$$

Где I_{RS} - это ток обратной насыщенности ячейки при эталонной температуре и солнечном излучении, E_G - энергия запрещенной зоны полупроводника, используемого в ячейке. Идеальный фактор A зависит от фотоэлектрической технологии [20] и приведен в таблице 1

Таблица 1

Фактор зависимости от pv технологии

Технологии	A
Si Моно	1.2
Si-Поли	13
a-Si: H	18
a-Si: H тандем	3.3
a-Si: H тройной	5
CdTe	1.5
CTS	1.5
AsGa	13

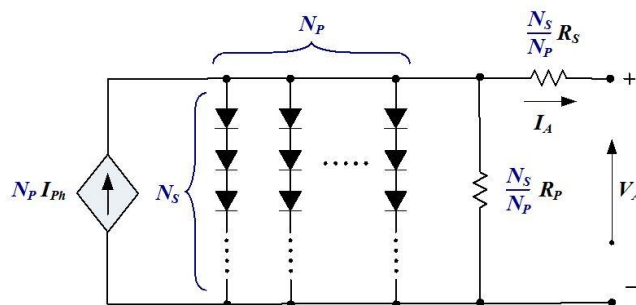


Рисунок 2. Эквивалентная схема модели обобщенного PV

Поскольку обычно $I_{PH} \gg I_S$ и игнорирование малых токов диодов и тока утечки на землю при нулевом токе I_{SC} короткого замыкания приблизительно равно I_{PH} фототока, т.е .

$$I_{PH} = I_S \tag{4}$$

С другой стороны, параметр V_{OC} получается, предполагая, что выходной ток равен нулю. С учетом напряжения разомкнутой цепи ЛОС П.В. при нормальной температуре и игнорируя ток утечки шунта, обратный ток насыщения при эталонной температуре может быть приближенно получается, как

$$I_{RS} = \frac{I_{SC}}{[e^{qV_{OC}/NKT}]} \tag{5}$$

Моделирование солнечного pv модуля

В этом разделе характеристические уравнения (1), (2), (3) и (5) для модуля PV реализованы в MatLab Simulink, как показано на рис. 3.

Параметры, выбранные для моделирования, соответствуют модулю BP SX150S, как указано в таблице II. Считается, что напряжение V варьируется от 0 до напряжения V_{oc} разомкнутой цепи, что соответствует изменению тока от тока короткого замыкания I_{sc} до 0. На рис.4 показаны характеристики VI с изменением уровня солнечной инсоляции при постоянной ячейке температура 25 градусов соответственно. Можно видеть, что ток короткого замыкания, а также мощность i_{ncg} уменьшаются с увеличением уровня инсоляции при очень незначительном изменении напряжения холостого хода [21].

Пиковое значение произведения V и I представляет собой максимальную точку мощности (MPP) P_{max} солнечного модуля. Ток и напряжение фотоэлектрического модуля на MPP обозначаются как I_{mp} и V_{mp} соответственно. Солнечный модуль всегда должен работать в этом регионе, чтобы извлечь максимальную мощность для заданных входных условий

Таблица 2

Параметры солнечного модуля BP SX150S

параметр	Значение
Максимальная мощность (P _{max})	150 W
Напряжение при P _{max} (V _{mp})	34.5 V
Ток при P _{max} (I _{mp})	4.35 A
Гарантированный минимум P _{max}	140 W
Ток короткого замыкания (I _{sc})	4.75 A
Напряжение холостого хода (V _{oc})	43.5 V
Максимальное напряжение системы	600 V
Температура Коэффициент I _{sc}	(0.065+-0.015)%/C
Температура Коэффициент V _{oc}	-(160+-20) mv/C
Температура Коэффициент силы	-(0.5+-0.05) %/C
NOCT	47+-2 0C

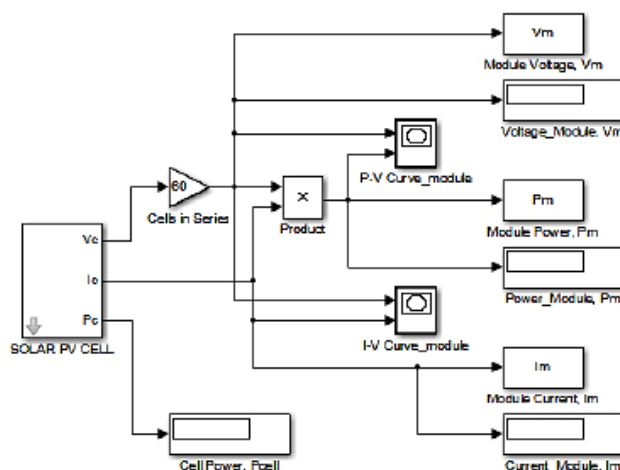


Рисунок 3. Моделирование фотозлектрического модуля

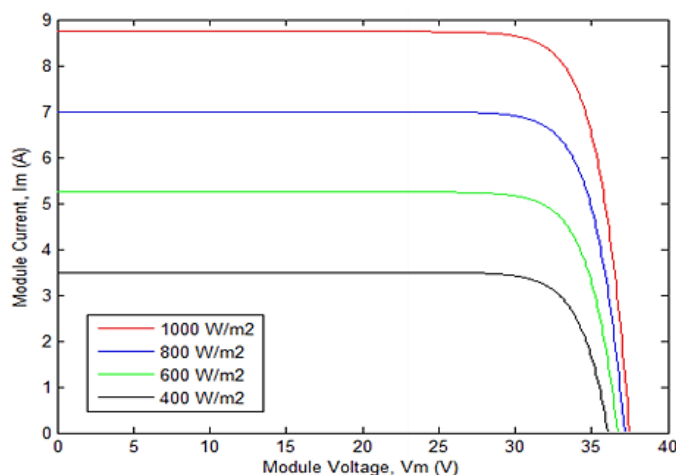


Рисунок 4. V-I Характеристики для различной инсоляции

Максимальное отслеживание мощности

Выходная мощность солнечного фотоэлектрического модуля изменяется с изменением направления солнца, изменения уровня солнечной инсоляции и изменения температуры. Кроме того, существует одна максимальная точка мощности в характеристиках фотоэлектрического модуля для конкретного режима работы. Желательно, чтобы модуль PV работал близко к этой точке, то есть выход модуля PV приближался к MPP. Процесс работы фотоэлектрического модуля в этом состоянии называется отслеживанием максимальной мощности (MPPT). Максимизация мощности PV улучшает использование солнечного модуля PV.

В настоящее время наиболее распространенными являются алгоритмы P & O и метод инкрементной проводимости. Также метод подъема по холмам описан в. Метод возрастающей проводимости предлагает основное преимущество обеспечения высокой эффективности в быстро меняющихся атмосферных условиях, поэтому он был использован в предлагаемой модели. Тем не менее, можно использовать другой алгоритм MPPT, если это требуется при моделировании. Реализованный алгоритм MPPT изображен на рис. 5. Основой алгоритма является выходной ток фотоэлектрической матрицы, который постоянно регулируется для достижения напряжения в точке максимальной мощности (MPP).

На рис. 6 показана характеристика P-V для модуля BP SX150S, полученная с использованием метода инкрементной проводимости. Алгоритм реализован с использованием M-файла в MATLAB. На рис. 7 и рис. 8 показаны напряжение модуля V_{mp} и ток I_{mp} при максимальной мощности P_{max} .

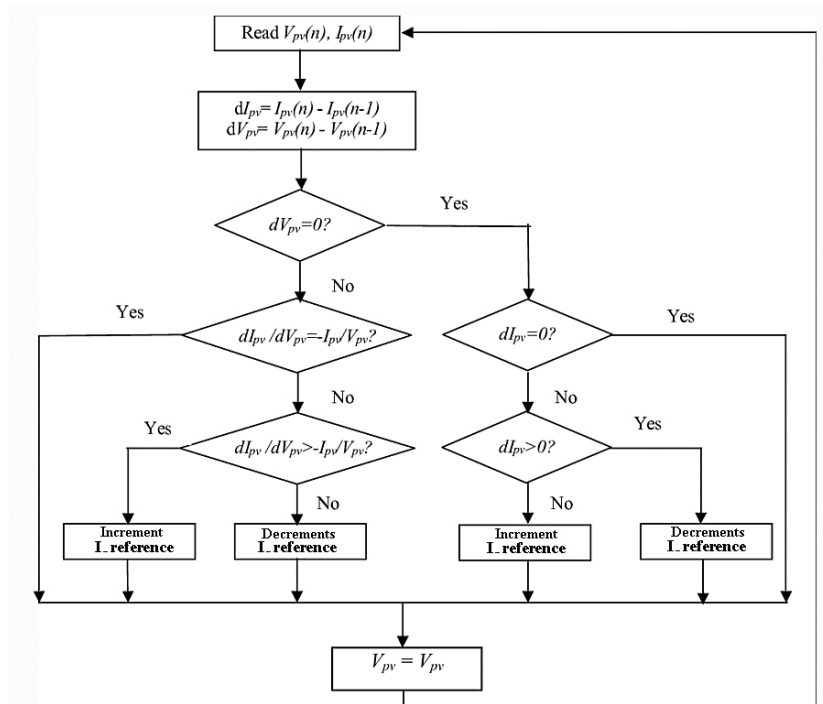


Рисунок 5. Метод возрастающей проводимости

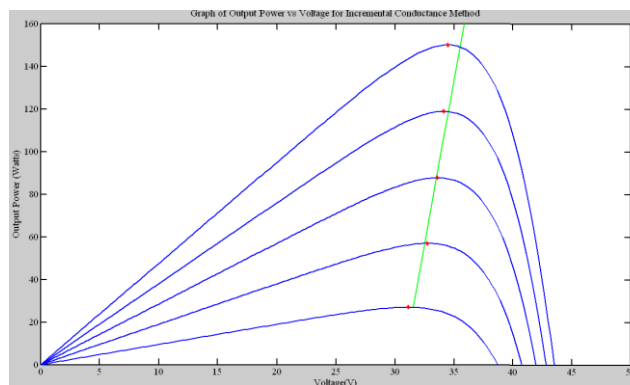


Рисунок 6. Кривая PV для метода возрастающей Проводимости

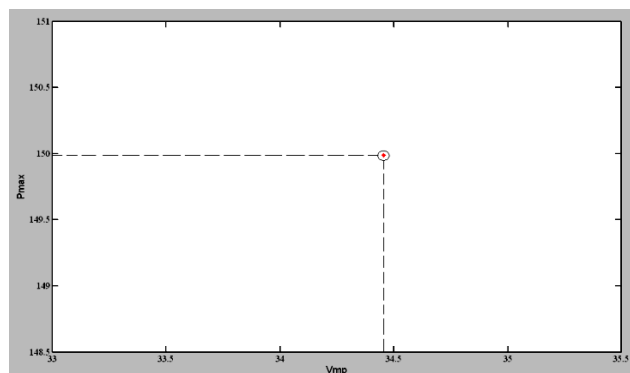


Рисунок 7. Напряжение модуля при максимальной мощности, Vmp

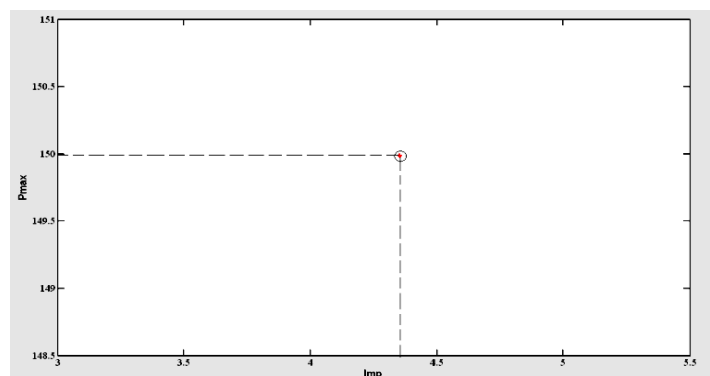


Рисунок 8. Ток модуля при максимальной мощности, I_{mp}

Выводы

В статье представлена имитационная модель солнечных фотоэлементов, основанная на математическом выражении, построенном из эквивалентной схемы. Эта модель может генерировать поведение фотоэлементов в зависимости от различного солнечного излучения и температурных условий. Разработанная модель используется для моделирования выхода энергии солнечному фотоэлектрическому модулю, а результаты моделирования подтверждаются данными таблицы данного модуля. Получаются модуль, напряжение V_{mp} и ток I_{mp} при максимальной мощности P_{max} , которые практически совпадают с указанными производителем солнечной панели BP SX150S. Таким образом, предложенная имитационная модель в сочетании с алгоритмом MPPT может использоваться с повышающим преобразователем постоянного тока для получения необходимого напряжения постоянного тока для питания нагрузки постоянного тока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ производительности гибридных фото-ветроэлектрических установок / Абд Али, Лаит Мохаммед А., Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // Энергетические установки и технологии. 2019. Т. 5, № 2. С. 61–68.
2. Абд Али, Лаит Мохаммед, Хайдер Абдулсахиб Исса. Using tidal energy as a clean energy source to generate electricity // Молодой ученый. 2018. № 11. С. 62–69.
3. Абдали Л.М., Аль-Руфай Ф.М., Якимович Б.А., Кувшинов В.В., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д. Комбинированная энергетическая установки для преобразования солнечной и ветровой энергии. международной научно-практической конференции «Экологиче-

- ская, промышленная и энергетическая безопасность – 2020» – Севастополь: СевГУ, 2020. с.21-28
4. Abd Ali L.M. and Issa H.A. Hybrid power generation using solar and wind energy. *Molod. Uchen.*, 2018, no. 7, pp. 19-26.
 5. Абд Али Лаит Мохаммед, Хайдер Абдулсахиб Исса. Разработка элементов Smart Grid для оптимизации режимов районных сетей // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 117–120.
 6. Kuvshinov V.V., Abd Ali L.M., Kakushina E.G. Studies of the PV Array Characteristics with Changing Array Surface Irradiance. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 223-228. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040054>.
 7. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A. Lyamina, N.V. Some Results of a Study of Wave Energy Converters at Sevastopol State University. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 256-259. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040029>.
 8. Vologdin S.V., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Analysis of Various Energy Supply Scenarios of Crimea with Allowance for Operating Modes of Solar Power Planta. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 229-234. <https://doi.org/10.3103/S0003701X1904008X>.
 9. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. An Offshore Wind-Power-Based Water Desalination Complex as a Response to an Emergency in Water Supply to Northern Crimea. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 260-264. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040030>.
 10. Guryev V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. Improvement of Methods for Predicting the Generation Capacity of Solar Power Plants: the Case of the Power Systems in the Republic of Crimea and City of Sevastopol. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 242-246. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040042>.
 11. Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H., Abd Ali L.M. Electricity generation by using a hybrid system (photovoltaic and fuel cell). *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 4414-4418. doi.org/10.3923/jeasci.2019.4414.4418.
 12. Layth Mohammed Abd Ali, Haider Ahmed Mohammed and Husam Abdulhusein Wahhab. A Novel Design of 7-Level Diode Clamped Inverter. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2019, no. 14, pp. 3666-3673. doi.org/10.36478/jeasci.2019.3666.3673.
 13. Kuvshinov V.V., Kolomiychenko V.P., Kakushkina E.G. Storage System for Solar Plants. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 153-158. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030046>.

14. Kuznetsov, N. P., Abd Ali, M. L., Kuvshinov, V. V., Issa, A. H., Mohammed, J. H., & Al-bairmani, G. A.. Investigation of the losses of photovoltaic solar systems during operation under partial shading. *Journal of Applied Engineering Science*, 2020, Vol. 18, No. 3, pp. 313 - 320. Doi :10.5937/jaes18-24460.
15. Abd Ali, L. M., Al-Rufae, F. M., Kuvshinov, V. V. et al. Study of Hybrid Wind–Solar Systems for the Iraq Energy Complex. *Appl. Sol. Energy*, 2020, vol. 56, no. 4, pp. 284–290. <https://doi.org/10.3103/S0003701X20040027>.
16. Мохаммед Абд Али Лаит, Исса Хайдер Абдулсахиб. Использование ветроэлектростанций в электроэнергетических системах // Теория и практика актуальных исследований: материалы VI Международн. науч.-практ. конф. (Краснодар, 25 марта 2014 г.). В 2 т. Краснодар, 2014. 150 с. Т. II. С. 86–89.
17. Abdali A.L.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Hybrid power generation by using solar and wind energy. В сборнике: *Environmental, Industrial and Energy Security*. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. 2019. С. 26-31.
18. Абдали Л.М. Моделирование параметров управления интегрированной системой солнечной генерации и накопления энергии [Электронный ресурс] / Л.М. Абдали, В.В. Кувшинов, Э.А. Бекиров, Ф.М. Аль-Руфай // *Строительство и техногенная безопасность*. — 2020. — № 18(70). — с.133-142. — DOI: 10.37279/2413-1873-2020-18-133-142.
19. Абдали, Л. М. А., & Кувшинов, В. В. Генерация электрической энергии гибридной силовой установкой. В сборнике: *научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов*. Сборник докладов IX Всероссийской научно-практической конференции. Томский политехнический университет. 2019. С. 66-73.
20. Оптимизация аккумулирования энергии в гибридных системах ветроэнергетики и фотовольтаики / Л. М. Абдали, Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // *Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова*. 2020. Т. 23, № 2. С. 100–108. doi: 10.22213/2413-1172-2020-2-100-108.
21. Исса Х. А., Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Мансор М. Ф., Мохаммед Х.Д., Моделирование фотозлектрического модуля с помощью программы matlab, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, с.116-122.

22. Оценка потенциала ветроэнергетических ресурсов на юге Ирака / Ф. М. Аль-Руфай, Л. М. Абдали, В. В. Кувшинов, Б. А. Якимович // Вестник ИЖГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 3. С. 105–113. DOI: <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2020-18-133-142>
23. Абдали, Л. М., Аль-Руфай, Ф. М., Мохаммед, Х. Д., Якимович, Б. А., & Кувшинов, В. В. Моделирование гибридной фото-ветроэнергетической системы с сетевым подключением. In Возобновляемые источники энергии, 2020, с. 117-128.
24. Мохаммед, Х. Д., Абдали, Л. М., Исса, Х. А., & Аль-Руфай, Ф. М., Разработка обобщенной фотоэлектрической Модель с MATLAB использованием, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, с.166-172.
25. Абдали, Л. М. А., & Аль-Руфай, Ф. М. М. Simulation of a model photovoltaic power system to generate electricity. В сборнике: LinguaNet. Сборник материалов Всероссийской молодежной научно-практической конференции с международным участием «LinguaNet». 2019. С. 234-240.
26. Abd Ali L.M., Ahmed Mohmmed H., Anssari M.O.H. Modeling and simulation of tidal energy. J. Eng. Appl. Sci., 2019, no. 14, pp. 3698-3706. DOI: 10.36478/jeasci.2019.3698.3706
27. Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д., Якимович Б.А., Моделирование и контроль энергии ветра, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", - Томск: ТПУ, 22–24 апреля 2020 г., с. 14-19.

Альмухаммед Мухаммед (Сирия)

Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", г. Москва

Научный руководитель: Ибатулин Михаил Юревич

НАБОР ДАННЫХ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ЛИЦ В МАСКЕ

Введение

Во время эпидемии коронавируса COVID-19 множество людей вынужденно носит медицинские маски, поэтому методы распознавания лиц стали очень важными и востребованными средствами идентификации в мире. Однако почти все они потерпели неудачу, так как при раз-

работке приложений для аутентификации, возникло много проблем при распознавании лиц в случаях контроля доступа людей, изменений выражения лица, распознавания лиц в терминалах оплаты на вокзалах, мобильных платежах на основе аутентификации лица человека, распознавании лица при расследовании службы безопасности и т.д.

В частности, при проверке общественной безопасности, на таких объектах, как железнодорожные вокзалы, вход и выход, традиционные системы не могут эффективно распознавать лица в масках. Снятие масок для прохождения аутентификации увеличит риск заражения вирусом. Поскольку вирус COVID-19, как правило, распространяется через контакты, то системы разблокировки, основанные на паролях или отпечатках пальцев, небезопасны. Гораздо безопаснее использовать системы распознавания лиц без прикосновений. Следовательно, в сложившейся ситуации, имеющиеся решения для распознавания лиц больше, неактуальны в силу их ненадежности.

Чтобы решить вышеупомянутые проблемы, необходимо усовершенствовать существующие подходы к распознаванию лиц, которые в значительной степени базируются на определенных точках лица, чтобы проверка личности могла быть надежно проведена в случае неполного обнажения лиц.

Все современные распознаватели лиц разработаны на основе метода глубокого обучения, которое зависит от собранного массива данных [1, 3]. Таким образом, разработка алгоритмов распознавания лиц в масках требует большого количества соответствующих образцов. В настоящее время не существует общедоступного набора данных, поэтому в нашей работе предлагаются различные способы создания наборов данных по лицам в масках.

Предлагаемые наборы данных

Что касается современных масок для лица, то есть два разных, но тесно связанных приложения: приложение для обнаружения маски на лице и приложение для распознавания лиц в маске.

Задача первого – обнаружить маску на лице человека. Задача второго – идентифицировать конкретную личность человека в маске. Для выполнения каждой задачи есть конкретные требования к набору данных. В первом случае нужны только образцы изображений лиц масках, а во втором – набор данных, содержащий несколько изображений лиц одного и того же субъекта с маской и без нее. Создать базу данных, которые можно использовать для распознавания лиц, сложнее построить.

Для решения задачи распознавания лиц в масках в данной статье предлагается три типа наборов данных лиц в масках: а) набор данных обнаружения лиц в масках (MFDD), б) набор данных распознавания лиц

в масках реального мира (RMFRD), в) набор данных распознавания лиц в масках (SMFRD).

MFDD: Источники получения информации:

- 1) образцы, взятые из смежных исследований [4];
- 2) образцы, полученные из Интернета.

Сначала мы выделяем движущиеся изображения лиц, выполняя алгоритм, например, определяем, носит ли лицо маску и получаем координаты положения лиц в маске. Этот встроенный набор данных содержит 24,771 изображения лица в маске.

Набор данных MFDD может быть применен для получения точной модели распознавания лиц в масках, которая служит для решения следующей задачи - распознавания лиц в масках. Кроме того, он также может быть использован для определения того, носит ли человек маску, так как нахождение без маски в общественных местах во время эпидемии коронавируса является незаконным.

RMFRD: Инструмент «python crawler» используется для сканирования изображений лиц общественных деятелей и соответствующих им изображений лиц в масках с массивных интернет-ресурсов. Мы вручную удаляем схожие изображения лиц, не являющиеся целью поиска программы. Процесс фильтрации изображений очень трудоемкий. Затем мы обрезаем точные области лица с помощью полуавтоматических инструментов, таких, как (Label Lmp) и (Label Me) [4, 5]. В нашем исследовании набор данных включает 5000 изображений 525 человек в масках и 90 000 изображений тех же 525 субъектов без масок. По имеющейся у нас информации, в настоящее время это самый большой в мире набор данных о реальных масках.

SMFRD: чтобы расширить объем и разнообразие набора данных распознавания лиц в масках, мы использовали альтернативные средства, а именно: надевали маски на общедоступные массивы изображений лиц. Чтобы повысить эффективность обработки данных, мы разработали программное обеспечение для получения информации о ношении масок на основе библиотеки Dlib. Затем это программное обеспечение использовали для нанесения масок на изображения лиц в существующих наборах данных распознавания лиц, в настоящее время включающих наборы данных LFW и Web face [6]. Таким образом, мы дополнили имеющийся набор данных лиц в масках смоделированными нами изображениями и получили в конечном варианте 500 000 изображений лиц 10 000 субъектов. На практике смоделированные наборы данных лиц в масках можно использовать вместе с их оригинальными аналогами без масок.

Распознавание лиц в масках

Идентификацию лица можно условно представить в двух сценариях: неконтролируемую среду и контролируемую среду. Первый сценарий в основном применяется к ситуациям общественного видеонаблюдения, когда расстояние съемки лица, вид прицела, поза, окклюзия и освещение неопределенны. В этих случаях точность распознавания лиц относительно невелика. Более того точность еще больше снижается при ношении маски. Однако существует также большое количество контролируемых сценариев, таких, как проверка присутствия сотрудников на рабочих местах, проверка безопасности на вокзалах, сканирование лица при платежах и т.д.

В таких ситуациях субъекты обычно действуют аналогично, как правило, приближаясь к камере, они поворачиваются к ней лицом. Таким образом, получают высококачественные фронтальные изображения лиц, так что задача распознавания лиц в масках становится уже не такой сложной.

Даже если маска закрывает часть лица, особенности верхней половины лица, такие, как разрез и цвет глаз, а также форма бровей, с успехом могут быть использованы для повышения качества работы системы распознавания лиц. Цель программы состоит в том, чтобы исключить помехи, создаваемые маской, и обратить все внимание на открытые черты лица.

Предложенная нами технология распознавания лиц в масках имеет два преимущества. Первое — наличие встроенного набора данных, второе – возможность полного использования открытых частей лица. Мы воспользовались общедоступными наборами данных распознавания лиц и объединили их с автоматическими модуляторами лицами в масках, а также с лицами масках из реальных сцен в качестве конечного набора данных для формирования модели распознавания лиц на основе глаз. В частности, мы обратили больше внимания к деталям в видимых частях лица в маске, таким, как контур лица, зона вокруг глаз, лоб и т.д., что дает возможность эффективно решать проблему при недостатке информации. В результате мы повысили точность распознавания лиц в масках с первоначальных 50% до 95%.

Перспективы исследования

На данный момент система распознавания лиц в масках используется не везде, так как она стала особенно востребована в период пандемии.

Основываясь на нашем опросе, технология распознавания лиц в масках успешна на 85%, когда человек обнажает 50% носа. В целом же технология распознавания лиц в масках может быть использована для

идентификации людей в масках, однако она не очень надежна по сравнению с обычной технологией распознавания лиц, которая уже доказала свою эффективность более чем на 99%. Еще одна задача при распознавании маски на лице – корректное ношение маски. Поскольку задача относительно проста, точность распознавания намного выше.

Таким образом, на основе наборов данных MFDD, RMFRD и SMFRD мы разработали современный алгоритм, который можно использовать для бесконтактной аутентификации лиц при оплате услуг, для контроля учебных заведений и возобновления работы предприятий. Наши исследования вносят научно-технический вклад в предотвращение распространения коронавируса и в борьбу с эпидемией коронавируса, а также способствуют возобновлению промышленного производства. Кроме того, из-за смога люди будут часто носить маски, и потребность в распознавании лиц с помощью масок будет сохраняться еще в течение длительного времени.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. J. Deng, J. Guo, N. Xue, S. Zafeiriou, “ArcFace: Additive Angular Margin Loss for Deep Face Recognition”, in CVPR, Jun 2019.
2. B. Liu, W. Deng, Y. Zhong, M. Wang, J. Hu, X. Tao, and Y. Huang, “Fair Loss: Margin-Aware Reinforcement Learning for Deep Face Recognition”, in ICCV, Oct. 2019.
3. W. Liu, Y. Wen, Z. Yu, M. Li, B. Raj, and L. Song, “Shpereface: Deep hypersphere embedding for face recognition”, in CVAR, Jul. 2017.
4. LabelMe - Wikipedia
5. labelme image labeling - Programmer Sought
6. G. B. Huang, M. Matter, T. Berg, and E. Learned-Miller, “Labeled faces in the wild: A database for studying face recognition in unconstrained environments”, Technical report, 2007.

Аль-Руфай Ф. М., Абдали Л. М., Мохаммед Х. Д. (Ирак)
Севастопольский государственный университет, г. Севастополь
Санкт-Петербургский политехнический университет
Петра Великого, г. Санкт-Петербург
Научный руководитель: Кувшинов Владимир Владиславович,
к.т.н., доцент

БУДУЩЕЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ ЭНЕРГИИ В ИРАКЕ

С недавнего времени многие страны начали использовать возобновляемые источники энергии, потому что это новая энергия, неисчерпаемая и экологически чистая. С другой стороны, это способствует сокращению глобального потепления, загрязнению воздуха и сокращению истощения нетрадиционных видов ископаемого топлива. Потребности в энергии продолжают постоянно расти. Наша цивилизация динамична [1]. Любое развитие требует, прежде всего, энергетических затрат и при существующих формах национальных экономик многих государств можно ожидать возникновение серьезных энергетических проблем [2-4]. Более того, в некоторых странах они уже существуют. Даже если энергетического кризиса удастся избежать, мир, рано или поздно, неизбежно столкнется с тем, что основные виды традиционного топлива будут исчерпаны. Запасы нефти, газа, угля не бесконечны. Чем больше мы используем эти виды энергетического сырья, тем меньше их остается, тем дороже с каждым днем они нам обходятся [5-7].

Проводится работа по определению потенциала Ирака в использовании возобновляемых источников энергии для преодоления нехватки энергии, с которой он сталкивается уже давно.

Постановка задачи. Климат Ирака характеризуется высокими температурами летом и умеренными зимой, самые высокие значения температуры в июне, июле и августе между 43 °С и 50 °С в середине дня. В январе температура между 1 °С и 8 °С. Северные ветры создают опасность пыльных бурь, особенно весной и осенью. Самая высокая фактическая яркость Солнца в июне составляет в среднем 11,4 часа в день, а самая низкая в январе - 6,3 часа в день. Максимальная температура колеблется от 16 °С в январе до 44,4 °С в июле. Минимальная температура колеблется от 4,4 °С в январе до 25,4 °С в июле. Скорость ветра в этой стране ниже среднестатистической и колеблется от 2,5 м/с в декабре и январе до 5,2 м/с в июле. Относительная влажность колеблется от самой низкой отметки 25,5% в октябре до максимума 73,8 % [8-9].

Возобновляемая энергия в Ираке

«Возобновляемая энергия» - это энергия, которая естественным образом протекает через окружающую среду. Существует множество источников этой энергии [1].

Ирак — государство на Ближнем Востоке, в Месопотамской низменности, в долине рек Тигр и Евфрат. Граничит на юго-востоке с Кувейтом, на юге с Саудовской Аравией, на западе с Иорданией и Сирией, на севере с Турцией, и Ираном на востоке, между широтами $29^{\circ} 5'$ и $37^{\circ} 22'$ северной широты и $38^{\circ} 45'$ и $48^{\circ} 45'$ восточной долготы. Территория Ирака омывается водами Арабского залива на юго-востоке страны [8-9].

Работа будет основываться на двух типах этой возобновляемой энергии, а именно солнечной энергии и энергии ветра, в качестве приоритетных, которые следует применять, ввиду их очевидного присутствия в климате Ирака.

Методология данной статьи. Проведен анализ климатических особенностей Республики Ирак. Исследование проводится с использованием климатических данных, которые были получены из данных НАСА – Поверхностная метеорология и солнечная энергия (SSE) [10] с помощью инженерного программа. В работе была предпринята попытка выбрать исследования, посвященные возобновляемой энергии в различных местах в Ираке, чтобы получить более полное понимание объекта исследования. Основная цель этого исследования - оценить потенциал возобновляемых источников энергии для преодоления дефицита электроэнергии в Ираке. Нужно оценить влияние участия возобновляемых источников энергии на проблемы региона в настоящее время.

Солнечные фотоэлектрические технологии и их потенциал. Солнечная энергия представляет собой один из наиболее важных источников возобновляемой энергии в Ираке. Эта энергия доступна почти постоянно, бесплатно и имеет высокую выходную мощность для использования на станциях CPS и фотоэлектрических элементах. Тепловая энергия также может быть произведена для нагрева воздуха и воды для бытовых нужд [11].

Фотоэлектрические элементы могут использоваться в удаленных районах от сетевых подключений для выработки электроэнергии. Она может использоваться для наружного уличного освещения и может эксплуатировать вышки связи в удаленных местах.

Ирак расположен вблизи солнечного пояса, который получает количество солнечного излучения в среднем (6,5–7) киловатт-часов на квадратный метр. Периоды солнечной яркости между 2500 и 3500 часов

в год. Это дает Ираку решить проблему с дефицитом энергии и использовать солнечную энергию. В этом исследовании был проведен анализ данных о скоростях ветра и потенциале энергии ветра и представлено солнечного излучения в выбранном месте (город Аль Басра) (см. табл. 1).

Таблица 1

*Климатические данные для города Аль Басра
(данные среднегодовой скорости ветра)*

	Солнечная радиация за сутки, кВт /м²	Скорость ветра м/с	Температура воздуха °С
Янв.	3.8	3,5	11.8
Фев.	4.1	3,9	14.1
Март	4.8	4,0	19.0
Апр.	5.5	3,9	25.9
Май	6.5	4,2	32.5
Июнь	7.5	5,4	36.8
Июль	7.1	5,2	38.7
Авг.	6.5	4,7	38.3
Сен.	5.6	4,2	34.2
Окт.	4.1	3,5	28.3
Ноя.	3.1	3,5	19.8
Дек.	2.7	3,5	13.5
Средние значения	5.1	4.1	26.1

Из данных, представленных в таблице 1 для города Аль Басра, очевидно, имеет отличное солнечное излучение

Ветроэнергетический потенциал. Ветер является самым доступным источником электроэнергии в мире. Своя энергия, собранная из кинетической энергии всех молекул. Подача ветра против лопасти ветра создает вращательное движение, которые нужно для выработки электричества.

Ветроэнергетики, которые используют для производства электричества, имеют 2 или 3 лопасти, которые зафиксированы на горизонтальной оси, производя вращательные движения. Разработки в этой области продолжают развиваться, а расходы продолжают снижаться. По оценкам исследователей, к 2020 году мировой рынок ветроэнергетики достигнет 133 миллиарда долларов [12].

Наиболее важный фактор в строительстве ветроэнергетических установок является ветроресурс. Минимальная среднегодовая скорость ветра должна быть в районе 11-13 миль в час (4,8 - 5,7 м/с)[13].

Данные скоростей ветра записываются в виде средних значений на высотах 10 м и представлены в табл.1. По значениям этих скоростей можно судить об использовании ВЭУ различных типов и мощностей для данной территории.

Результаты. Из данных в таблице (1) является, что город Аль Басры. зафиксировали. При изучении данных о скорости ветра и солнечных излучений в провинциях Ирака выясняется, что юг Ирака пригоден для установки проектов выработки электроэнергии из ветряных турбин с учетом того, что скорость ветра находится в допустимых пределах.

В моделировании были использованы фотоэлектрическая панель, которая имеет следующие технические данные в таблице 2

Таблица 2

Параметры солнечной панели

Параметры	Значение
Номинальная мощность	300 Вт
Ток при пиковой мощности	7,67 А
Напряжение при пиковой мощности	36,5 В
Напряжение холостого хода	44,51 В
Ток короткого замыкания	8,29 А
Ном. рабочая темп.	45+-2 оС
Площадь	1,94 м2
количество фотоэлементов	72

Мощность ВЭУ может быть найдена по формуле [1]:

$$P_{\text{ВЭУ}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_0 \cdot C_p \cdot v_p^3$$

Где- $P_{\text{ВЭУ}}$ - [кВт] – мощность ВЭУ;

ρ -[кг/м³]- плотность воздуха;

A_0 -[м²] – площадь ветроколеса;

$v_p = v_0$ [м/с] – расчетная скорость ветра;

C_p – коэффициент использования энергии ветра.

В моделировании с были использованы ветротурбины на 1000 Вт номинальной мощности. Технические характеристики ветрогенератора, используемого в данном исследовании, приведены в таблице 3.

Таблица 3

Технические характеристики ветрогенератора

Параметры	Значение
Номинальная мощность	1000 Вт
Количество лопастей	5
Номинальная скорость ветра	12 м/с
Скорости ветра	2,5 м/с
Диаметр	1,96 м

Вырабатываемой солнечной фотоэлектрической панелью как показано на рисунке 2 и мощностью, вырабатываемой ветротурбиной как показано рисунке 3 и общая суммарная выработка электроэнергии систем показаны на рис. 4.

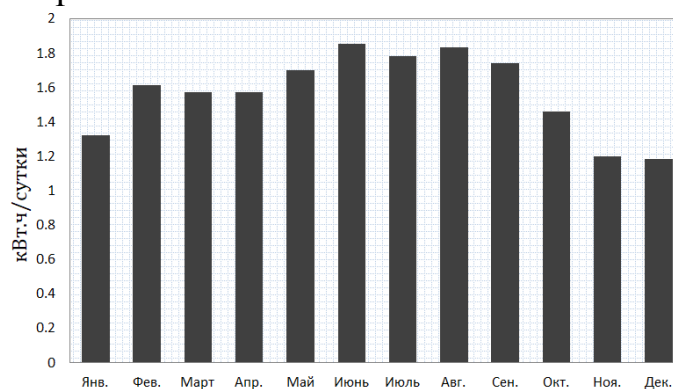


Рисунок 2. Выработка электроэнергии фотоэлектрической батареей

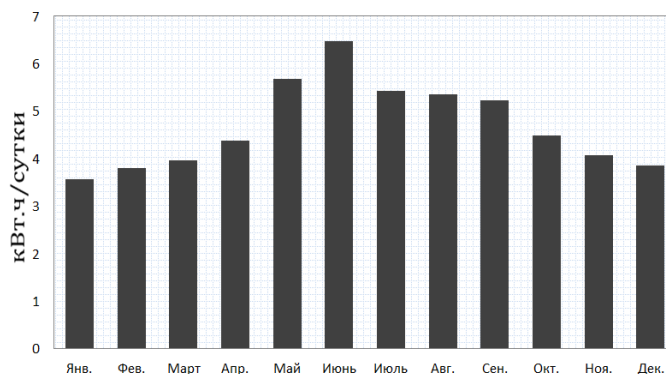


Рисунок 3. Выработка электроэнергии ветроэлектрической установкой

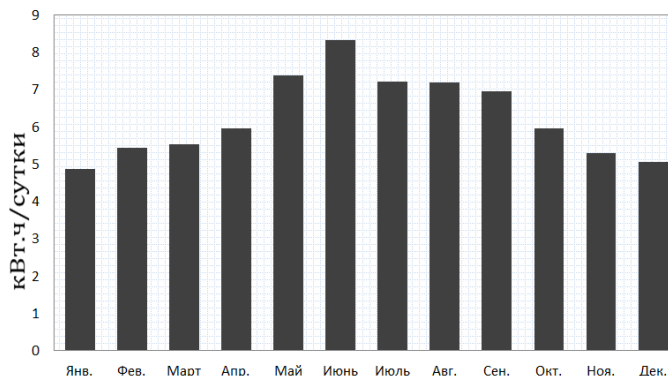


Рисунок 4. Выработка электроэнергии ветро-фотоэлектрической системой

Закключение. Энергетический комплекс Ирака в настоящее время находится в процессе восстановления. Для строительства новых генерирующих мощностей вкладываются огромные средства. В настоящее время перед правительством стоит задача выбора типов генерирующих установок, с учетом себестоимости поставок топлив и оборудования энергокомплекса. При выборе такого направления развития как возобновляемая энергетика поставки органических топлив не требуются, а время на строительство новых возобновляемых станций составляет несколько месяцев. Однако для эффективной работы ВИЭ требуется достаточный потенциал, который можно определить при помощи проведения теоретических и экспериментальных исследований.

Таким образом, на основании выполненных исследований ветроэнергетического потенциала для местности города Аль Басра сделаны следующие выводы:

- годовые скорости ветра характеризуется максимумом в летние месяцы и минимумом в период от октября до января;
- Плотность солнечной энергии в Ираке является одной из самых высоких в мире. Кроме того, существует значительный потенциал ветроэнергетики в нескольких районах Ирака.
- Ирак расположен вблизи солнечного пояса, дает Ираку необходимую квалификацию для использования солнечной энергии.
- Все солнечные проекты могут быть реализованы и представлены потребителю как можно скорее, а финансовые и воздушные условия помогают распространять их.
- При изучении данных о скорости ветра на юге Ирака, которые были предоставлены нам метеорологом, выясняется, что город Басра, расположенный на юге Ирака с видом на Арабский залив, подходит для установки проектов по выработке электроэнергии от ветряных турбин, скорость ветра в пределах допустимого диапазона.

- Гибридная система (PV и ветер) предлагается и моделируется для разных городов Ирака как одна из будущих систем, основанная на возобновляемых ресурсах в Ираке.

Распространение проектов по возобновляемой энергии сегодня во многом зависит от смелости и решимости лиц, принимающих решения в Ираке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Лукутин Б.В., Муравлев И. О., Плотников И.А. “Системы электроснабжения с ветровыми и солнечными электростанциями”, учебное пособие/ Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015, 128 с.
2. Kuvshinov, V.V., Al-Rufae, F.M. The Use of Solar Power Plants to Provide Energy Security of the Crimean Region. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 252–255. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040066>.
3. Kuvshinov V.V. Possibilities of using power plants based on renewable energy sources // V.V. Kuvshinov, N.V. Morozova, I. Yu. Sofiyskiy–M.: Izdatel'stvo (Sputnik +),2017. – p. 290.
4. Kuvshinov, V.V., Kolomiychenko, V.P., Kakushkina, E.G. et al. Storage System for Solar Plants. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 153–158. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030046>.
5. Hussain H. Al-Kayiem, Sanan T. Mohammad, "Potential of Renewable Energy Resources with an Emphasis on Solar Power in Iraq: An Outlook", *Resources* 2019, 8, 42; doi: 10.3390/ resources8010042, www.mdpi.com/journal/resources
6. Harry H. Istepanian, “Solar Energy in Iraq: From Outset to Offset”, IEA, 2018, 21 pp.
7. IRENA. (2019). *Renewable Energy Market Analysis: The GCC Region*. Abu Dhabi: IRENA.2019, p. 154
8. Guryev, V.V., Yakimovich, B.A., Al-Rufae, F.M., The Development of the Optimal Model of Energy Resources Management in Energy Systems of the Republic of Crimea and the Middle East, *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp 189–194. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030034>.
9. Аль-Руфай Ф. М., Абдали Л. М., & Кувшинов В. В. (2019). Электроэнергии в Ираке: кризис и решение. *Энергетические установки и технологии*, 5(2), 74-79.
10. NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data.

11. Ahmed Mohammed, H., Anssari, M.O.H., and Abd Ali, L.M., Electricity generation by using a hybrid system (photovoltaic and fuel cell), J. Eng. Appl. Sci., 2019, no. 14, pp. 4414–4418. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2019.4414.4418>.
12. Wind energy - the facts: a guide to the technology, economics and future of wind power. EWEA 2009, Retrieved 13 March 2011, 32. pp.
13. Буяльский В. И., Шайтор Н. М., Якимович Б. А., «Оптимальное управление ветроэнергетической установкой: Интеллектуальные системы в производстве. 2018. Т. 16, № 3. С. 70-77.

Аль-Руфайи Ф. М. (Ирак)

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Научный руководитель: Кувшинов Владимир Владиславович,
к.т.н., доцент

ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ВЕТРО И СОЛНЕЧНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ УСТАНОВОК В ИРАКЕ

В ходе работы указан потенциал Иракской энергетики в отношении возобновляемых источников, где благодаря равномерному распределению солнечного излучения по всей территории страны, солнечные фотоэлектрические технологии подходят для производства электроэнергии по всему Ираку. Энергия — источник жизненной силы всех стран, основа высокого уровня жизни, развитой экономики. Потребности в энергии продолжают постоянно расти. Наша цивилизация динамична.

Любое развитие требует, прежде всего, энергетических затрат и при существующих формах национальных экономик многих государств можно ожидать возникновения серьезных энергетических проблем. Более того, в некоторых странах они уже существуют. Даже если энергетического кризиса удастся избежать, мир, рано или поздно, неизбежно столкнется с тем, что основные виды традиционного топлива будут исчерпаны. Запасы нефти, газа, угля не бесконечны. Чем больше мы используем эти виды энергетического сырья, тем меньше их остается, тем дороже с каждым днем они нам обходятся [1]. Любое развитие требует, прежде всего, энергетических затрат и при существующих формах национальных экономик многих государств можно ожидать возникновения серьезных энергетических проблем [2-4]. Более того, в некоторых странах они уже существуют. Даже если энергетического кризиса удастся избежать, мир, рано или поздно, неизбежно столкнется с тем,

что основные виды традиционного топлива будут исчерпаны. Запасы нефти, газа, угля не бесконечны. Чем больше мы используем эти виды энергетического сырья, тем меньше их остается, тем дороже с каждым днем они нам обходятся [5].

Проводится работа по определению потенциала Ирака в использовании возобновляемых источников энергии для преодоления нехватки энергии, с которой он сталкивается уже давно.

Возобновляемая энергия в Ираке

«Возобновляемая энергия» — это энергия, которая естественным образом протекает через окружающую среду. Существует множество источников этой энергии [6].

Ирак — государство на Ближнем Востоке, в Месопотамской низменности, в долине рек Тигр и Евфрат. Граничит на юго-востоке с Кувейтом, на юге с Саудовской Аравией, на западе с Иорданией и Сирией, на севере с Турцией, и Ираном на востоке, между широтами $29^{\circ} 5'$ и $37^{\circ} 22'$ северной широты и $38^{\circ} 45'$ и $48^{\circ} 45'$ восточной долготы. Территория Ирака омывается водами Персидского (Арабского) залива на юго-востоке страны [7-8].

Климат Ирака характеризуется прежде всего крайне знойным летом и умеренными зимой: самые высокие значения температуры в июне, июле и августе между 43°C и 50°C в середине дня, термометр в тени показывает до 50°C с июня по сентябрь как на севере, так и на юге страны. При всем этом наблюдается полнейшая сушь, и только на севере (Мосул) ночи приносят кое-какую прохладу. Ирак знаменит значительным количеством солнечных часов. Исследования показали, что Ирак получает более 3000 часов солнечного излучения в год. Часовая интенсивность солнечного излучения варьировалась от $416 \text{ Вт} / \text{м}^2$ в январе до $833 \text{ Вт} / \text{м}^2$ в июне. Самая высокая фактическая яркость Солнца в июне составляет в среднем 11,4 часа в день, а самая низкая в январе - 6,3 часа в день. Даже количество солнечных часов в Испании не могут конкурировать с уровнями, наблюдаемыми в Ираке [9].

Работа будет основываться на двух типах этой возобновляемой энергии, а именно солнечной энергии и энергии ветра, в качестве приоритетных, которые следует применять, ввиду их очевидного присутствия в климате Ирака.

Методы и материалы

Методология данной статьи, Проведен анализ климатических особенностей Республики Ирак. исследование проводится с использованием климатических данных которые были получены из данных НАСА — Поверхностная метеорология и солнечная энергия (SSE) [10]. В работе была предпринята попытка выбрать исследования, посвященные возоб-

новляемой энергии в различных местах в Ираке, чтобы получить более полное понимание объекта исследования. Основная цель этого исследования - оценить потенциал возобновляемых источников энергии для преодоления дефицита электроэнергии в Ираке. Нужно оценить влияние участия возобновляемых источников энергии на проблемы региона в настоящее время.

Регион сталкивается с нехваткой электроэнергии, финансовым кризисом и экологическими проблемами. Мы ограничим исследование категорией прямой солнечной системы и сосредоточимся на солнечной фотоэлектрической (PV) и ветроэнергетической технологии с помощью литературы и эмпирических испытаний в этих двух конкретных областях. Затем мы извлечем показатели из суждений о пригодности этих двух систем для решения проблем региона через обзор исследовательской литературы. Чтобы получить правильные результаты, мы количественно оцениваем результаты в трех направлениях: наличие электроэнергии, финансовые идеи и воздействие на окружающую среду [11].

Солнечные фотоэлектрические технологии и их потенциал

Солнечная энергия представляет собой один из наиболее важных источников возобновляемой энергии в Ираке. Эта энергия доступна почти постоянно, бесплатно и имеет высокую выходную мощность для использования на станциях CPS и фотоэлектрических элементах. Тепловая энергия также может быть произведена для нагрева воздуха и воды для бытовых нужд [1].

Фотоэлектрические элементы могут использоваться в удаленных районах от сетевых подключений для выработки электроэнергии. Она может использоваться для наружного уличного освещения и может эксплуатировать вышки связи в удаленных местах.

Ирак расположен вблизи солнечного пояса, который получает количество солнечного излучения в среднем (6,5-7) киловатт-часов на квадратный метр. Периоды солнечной яркости между 2500 и 3500 часов в год. Это дает Ираку решить проблему с дефицитом энергии и использовать солнечную энергию.

В таблице 1 представлено сравнение солнечного излучения для некоторых городов

Таблица 1

Солнечное излучение в некоторых городах в Ираке

	Средняя суммарная солнечная радиация за сутки, кВт /м2		
	Басра	Насирия	Аммара
Янв.	3.8	3.2	3.3
Фев.	4.1	4.2	4.3
Март	4.8	4.9	4.9
Апр.	5.5	5.6	5.6
Май	6.5	6.6	6.6
Июнь	7.5	7.6	7.5
Июль	7.1	7.3	7.09
Авг.	6.5	6.9	6.7
Сен.	5.6	5.8	5.7
Окт.	4.1	4.2	4.2
Ноя.	3.1	3.1	3.2
Дек.	2.7	2.8	2.9
Средние значения	5.1	5.18	5.16

Из данных, представленных в таблице 1, все указанные города в Ираке, очевидно, имеют отличное солнечное излучение. Глобальное и нормальное солнечные распределения приведены на рис. 1

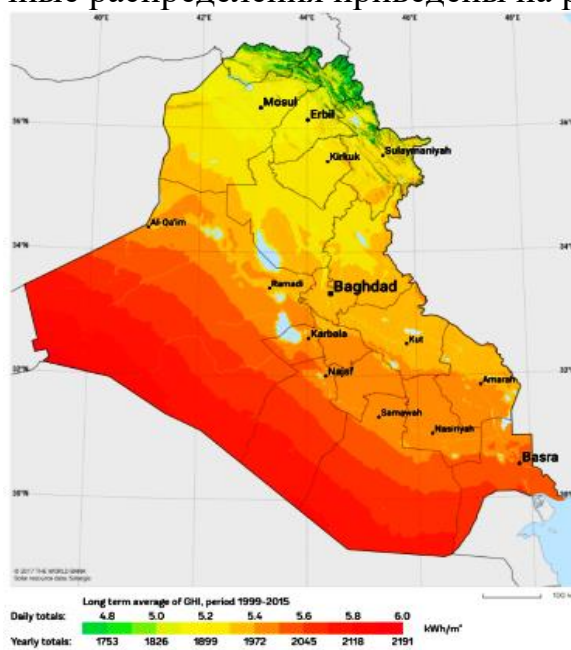


Рисунок 1. Солнечное излучение в Ираке

Ветроэнергетический потенциал

Ветер является самым доступным источником электроэнергии в мире. Своя энергия, собранная из кинетической энергии всех молекул. Подача ветра против лопасти ветряка создает вращательное движение, которые нужны для выработки электричества.

Ветрогенераторы, которые используют для производства электричества, имеют 2 или 3 лопасти, которые зафиксированы на горизонтальной оси, производя вращательные движения. Разработки в этой области продолжают развиваться, а расходы продолжают снижаться. По оценкам исследователей, к 2020 году мировой рынок ветроэнергетики достигнет 133 миллиардов долларов [12].

Наиболее важный фактор в строительстве ветроэнергетических установок является ветропотенциал. Минимальная среднегодовая скорость ветра должна быть в районе 11-13 миль в час (4,8 - 5,7 м / с) [13].

В этом исследовании был проведен анализ данных о скорости ветра и потенциале энергии ветра на трех выбранных участках в Ираке табл. 2. Среднесуточные данные о скорости ветра для Амары, Насирии и Басры за весь год были собраны и проанализированы.

Таблица 2

Средняя скорость ветра в течение года в городах Ирака

Город \ Месяца	Басра	Насирия	Аммара
Янв.	3,5	3,7	3,1
Фев.	3,9	3,9	3,5
Март	4,0	4,1	3,7
Апр.	3,9	4,0	3,7
Май	4,2	4,3	4,1
Июнь	5,4	5,6	5,3
Июль	5,2	5,7	5,0
Авг.	4,7	5,0	4,7
Сен.	4,2	4,3	4,1
Окт.	3,5	3,7	3,4
Ноя.	3,5	3,6	3,2
Дек.	3,5	3,6	3,1
Средние значения	4.1	4.3	3.9

Результаты

Из данных в таблице (1 и 2) является, что город Насирия зафиксировали. При изучении данных о скорости ветра и солнечных излучений

в провинциях Ирака выясняется, что юг Ирака пригоден для установки проектов выработки электроэнергии из ветряных турбин с учетом того, что скорость ветра находится в допустимых пределах.

В моделировании были использованы фотоэлектрическая панель, которая имеет следующие технические данные в таблице 3

Таблица 3

Параметры солнечной панели

Параметры	Значение
Номинальная мощность	300 Вт
Ток при пиковой мощности	7,67 А
Напряжение при пиковой мощности	36,5 В
Напряжение холостого хода	44,51 В
Ток короткого замыкания	8,29 А
Ном. рабочая темп.	45+-2 оС
площадь	1,94 м ²
количество фотоэлементов	72

Мощность ВЭУ может быть найдена по формуле [1]:

$$P_{\text{ВЭУ}} = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot A_0 \cdot C_p \cdot v_p^3$$

Где- $P_{\text{ВЭУ}}$ - [кВт] – мощность ВЭУ;

ρ -[кг/м³]- плотность воздуха;

A_0 -[м²] – площадь ветроколеса;

$v_p = v_0$ [м/с] – расчетная скорость ветра;

C_p – коэффициент использования энергии ветра.

В моделировании с были использованы ветротурбины на 1000 Вт номинальной мощности. Технические характеристики ветрогенератора, используемого в данном исследовании, приведены в таблице 4.

Таблица 4

Технические характеристики ветрогенератора

Параметры	Значение
Напряжение	48 В
Номинальная мощность	1000 В
Количество лопастей	5
Номинальная скорость	12 м/с

ветра	
скорости ветра	2,5 м/с
Диаметр	1,96 м

Вырабатываемой солнечной фотоэлектрической панелью как показано на рисунке 2 и мощностью, вырабатываемой ветротурбиной как показано рисунке 3 и общая суммарная выработка электроэнергии систем показаны на рис. 4.

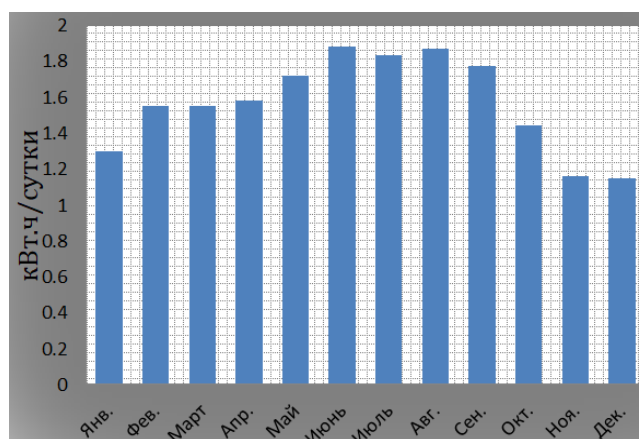


Рисунок 2. Выработка электроэнергии фотоэлектрической батареей

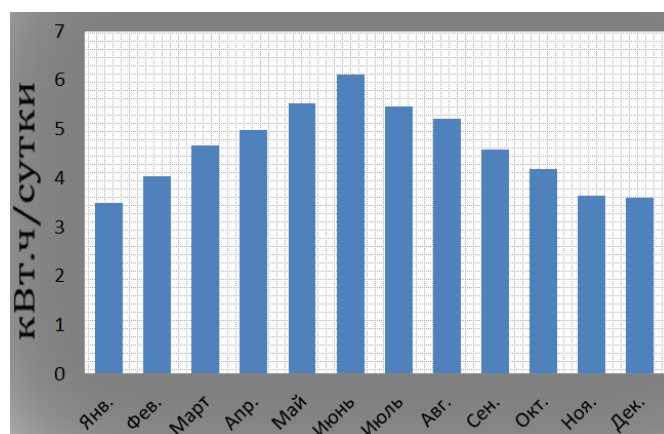


Рисунок 3. Выработка электроэнергии ветроэлектрической установкой

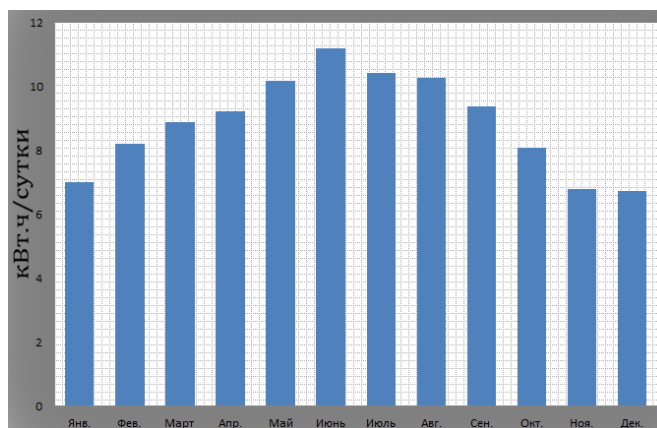


Рисунок 4. Выработка электроэнергии ветро-фотоэлектрической системой

Заключение

Результаты данных исследований позволяют сделать следующие выводы:

- Плотность солнечной энергии в Ираке является одной из самых высоких в мире. Кроме того, существует значительный потенциал ветроэнергетики в нескольких районах Ирака.

- Ирак расположен вблизи солнечного пояса, дает Ираку необходимую квалификацию для использования солнечной энергии.

- Все солнечные проекты могут быть реализованы и представлены потребителю как можно скорее, а финансовые и воздушные условия помогают распространять их. Среднегодовые значения скоростей ветра на высоте станции составляли (3.9, 4.3, и 4.1) для Амары, Насирии и Басры соответственно. При изучении данных о скорости ветра на юге Ирака, которые были предоставлены нам метеорологом, выясняется, что город Басра, расположенный на юге Ирака с видом на Арабский залив, подходит для установки проектов по выработке электроэнергии от ветряных турбин, скорость ветра в пределах допустимого диапазона.

- Гибридная система (PV и ветер) предлагается и моделируется для разных городов Ирака как одна из будущих систем, основанная на возобновляемых ресурсах в Ираке.

Распространение проектов по возобновляемой энергии сегодня во многом зависит от смелости и решимости лиц, принимающих решения в Ираке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Лукутин Б.В., Муравлев И.О., Плотников И.А. “Системы электро-снабжения с ветровыми и солнечными электростанциями”, учебное пособие/ Б.В. Лукутин, И.О. Муравлев, И.А. Плотников –

- Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2015, 128 с.
2. Kuvshinov, V.V., Al-Rufae, F.M. The Use of Solar Power Plants to Provide Energy Security of the Crimean Region. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 252–255. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040066>.
 3. Kuvshinov V.V. Possibilities of using power plants based on renewable energy sources // V.V. Kuvshinov, N.V. Morozova, I. Yu. Sofiyskiy–M.: Izdatel'stvo (Sputnik +),2017. – p. 290.
 4. Kuvshinov, V.V., Kolomiychenko, V.P., Kakushkina, E.G. et al. Storage System for Solar Plants. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 153–158. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030046>.
 5. Hussain H. Al-Kayiem, Sanan T. Mohammad, "Potential of Renewable Energy Resources with an Emphasis on Solar Power in Iraq: An Outlook", *Resources* 2019, 8, 42; doi: 10.3390/resources8010042, www.mdpi.com/journal/resources
 6. Deutsches Luft- und Raumfahrtzentrum. Concentrating Solar Power for the Mediterranean Region; Final Report; German Aerospace Center (DLR): Cologne, Germany, 2005.
 7. Guryev, V.V., Yakimovich, B.A., Al-Rufae, F.M., The Development of the Optimal Model of Energy Resources Management in Energy Systems of the Republic of Crimea and the Middle East, *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 189–194. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030034>.
 8. IRENA. (2019). *Renewable Energy Market Analysis: The GCC Region*. Abu Dhabi: IRENA.2019, p. 154
 9. Аль-Руфай, Ф. М., Абдали, Л. М., & Кувшинов, В. В. (2019). Электроэнергии в Ираке: кризис и решение. *Энергетические установки и технологии*, 5(2), 74-79.
 10. NASA Surface meteorology and Solar Energy: RETScreen Data.
 11. Ahmed Mohmmed, H., Anssari, M.O.H., and Abd Ali, L.M., Electricity generation by using a hybrid system (photovoltaic and fuel cell), *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 4414–4418. <https://doi.org/10.3923/jeasci.2019.4414.4418>.
 12. IRENA. (2016). *Renewable Energy Market Analysis: The GCC Region*. Abu Dhabi: IRENA.
 13. Буяльский В. И., Шайтор Н. М., Якимович Б. А., «Оптимальное управление ветроэнергетической установкой: Интеллектуальные системы в производстве.2018. Т. 16, № 3. С. 70-77.

Аль-Саиди Фатима Хуссейн Фархан (Ирак), Ф.Л.Капустин
Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург

ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ИРАКСКОГО СТЕКОЛЬНОГО ПЕСКА, ИСПОЛЬЗУЯ ДВА РАЗЛИЧНЫХ МЕТОДА ДЛЯ ТОЧНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНЦЕНТРАЦИИ ОКСИДА ЖЕЛЕЗА

Исследования химического состава иракского песка с помощью двух разных приборов и двух разных методов, При анализе песка гранулированного размера (0,2 - 0,315) исследование химического состава песка проводилось с помощью (ЭДС) было установлено, что концентрация железа (Fe_2O_3) составляет (0,103 %), а при приготовлении стекла система ($\text{SiO}_2\text{.PbO.K}_2\text{O}$) из самого песка (массой 55,5 г) и проведении анализа с помощью (РФА) было установлено, что концентрация железа (Fe_2O_3) (0,057%), А при сравнении методов анализов сканирующей электронный микроскопический (ЭДС) и Рентгено-флуоресцентный (РФА) отметим, что полученные результаты очень близки друг к другу, а это значит, что концентрация железа в иракском песке размером гранул (0,25-0,315) мм составляет почти 0,103.

Прежде, чем использовать песок для производства стекла нам необходимо узнать его химический состав и количество запасов в стране-производителе. Кварцевый песок — это промышленный термин, включающий в себя кварцевый песок и песчаник, богатый кремнеземом и имеющий большое значение для промышленного производства, в частности, изготовления стекла, литья металлов (литейный песок), химического производства, строительства, изготовления краски и покрытий, керамики и огнеупорных материалов, фильтрации при добыче воды и много другого. В настоящее время кварцевый песок в Ираке добывается только в открытом карьере Эрдума, в основном используется в стекольной промышленности (листовое стекло, бутылки и посуда), цемент (белый и портландцемент), керамика и огнеупорные материалы. Разведка и поиск кварцевого песка в Ираке начались с начала тридцатых годов прошлого века, сосредоточившись в районе Наджаф – Кербела, песчаных дюнных месторождениях, районах Амидж, Рутба и Афаиф (впадина Гаара), особенно район Афаиф, считается потенциально богатым месторождением стеклянного песка ещё с начала тридцатых годов. Для удовлетворения потребностей стекольного завода, изложенных в советско – иракском технико-экономическом соглашении в конце пятидесятых годов прошлого века, потребовались дальнейшие изыскания, направленные на поиск подходящего источника кварцевого песка для стекольной

промышленности. На двух участках могли быть месторождения данного сорта, а именно Рутба и Афаич, но последний был исключен в качестве источника сырья из-за его удаленности от крупных торговых транспортных узлов. Для создания рудника была выбрана местность Рутба. Шахта называется Эрдума и расположена примерно в десяти километрах к западу от города Рутба [1].

Целью работы является определение оксида железа с использованием двух методов анализа (электронной микроскопии, Рентгенофлуоресцентный) в Иракском песке месторождения Эрдума

Исследование химического состава песка

Первый метод. Был выбран 1 кг иракского песка с размером от 0,2 до 0,315 мм, далее был измельчен до размера менее 0,08 мм и хорошо смешан. После был взят образец 5 г песка и исследование химического состава песка проводилось с использованием сканирующего электронного микроскопа Vega 3SBH (Tescan) (EPMA) 161 типа x-Act Energy (Oxford Instruments). Был получен результат анализа в таблице 1 (Рисунок 1).

Таблица 1

*Химический состав исходного песка (размер 0,2 – 0,315 мм)
(месторождение Эрдума)*

Название спектра	Na ₂ O	MgO	Al ₂ O ₃	SiO ₂	SO ₃	CaO	TiO ₂	Fe ₂ O ₃
Спектр № 1	0.17	0.09	0.70	98.50	0.10	0.22	0.00	0.17
Спектр № 2	0.10	0.06	0.69	98.69	0.13	0.16	0.06	0.08
Спектр № 3	0.10	0.10	0.67	98.63	0.15	0.18	0.03	0.10
Спектр № 4	0.10	0.07	0.63	98.77	0.13	0.17	0.04	0.06
Спектр № 5	0.07	0.06	0.61	98.90	0.14	0.14	0.00	0.09
Спектр № 6	0.09	0.06	0.61	98.77	0.13	0.17	0.05	0.12
Средний химический состав	0,10	0,073	0,65	98,73	0,13	0,17	0,03	0,103

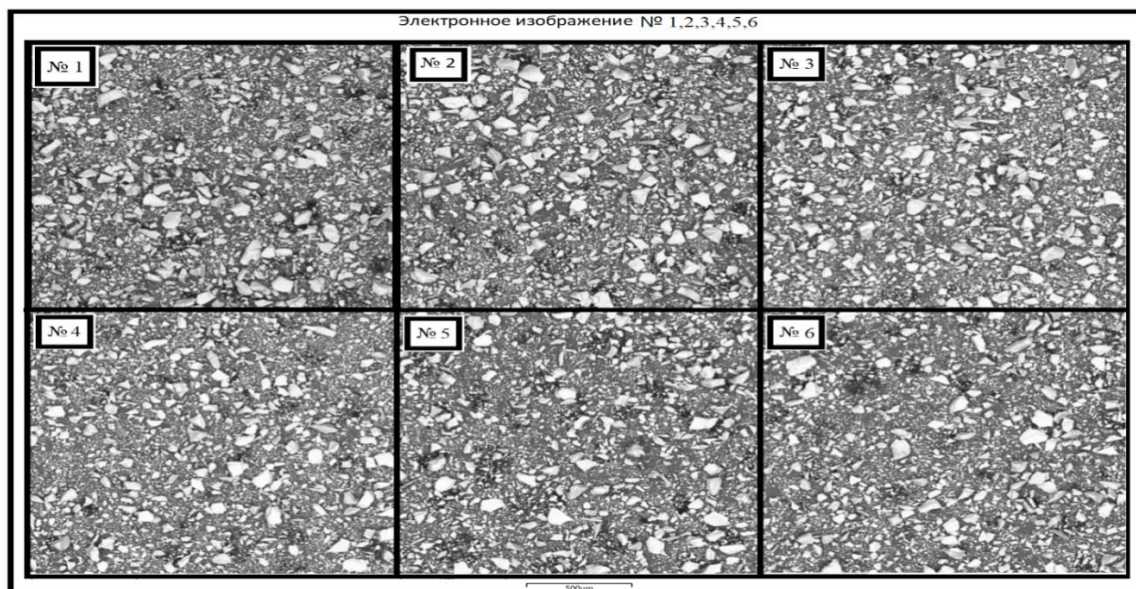


Рисунок 1. Иракский песок (размер 0,2 – 0,315 мм) под сканирующим электронным микроскопом

Второй метод. Для подтверждения результата содержания оксида железа использовали следующий метод: варили стекло с системой $\text{SiO}_2\text{.PbO.K}_2\text{O}$ (SiO_2 иракского песка 0,25–0,315мм), измельчили и определили химический состав стекла рентгено-флуоресцентным анализом на спектрометре (РФС) Съёмка проводилась на приборе EDX-8000 фирмы «Shimadzu». Был получен результат анализа в таблице 2.

Так как РФС используется для определения полуколичественного элементного состава в образцах. Рентгено-флуоресцентный анализ – один из современных спектроскопических методов исследования вещества с целью получения его элементного состава. С его помощью могут анализироваться различные элементы от бериллия (Be) до урана (U). Метод основан на сборе и последующем анализе спектра, полученного путём воздействия на исследуемый материал рентгеновским излучением. При облучении атом переходит в возбуждённое состояние, сопровождающееся переходом электронов на более высокие квантовые уровни. В возбуждённом состоянии атом пребывает крайне малое время, порядка одной микросекунды, после чего возвращается в спокойное положение (основное состояние). При этом электроны с внешних оболочек либо заполняют образовавшиеся вакантные места, а излишек энергии испускается в виде фотона, либо энергия передается другому электрону из внешних оболочек (оже-электрон). При этом каждый атом испускает фотоэлектрон с энергией, строго определённого значения, например, железо при облучении рентгеновскими лучами испускает фо-

тоны $K\alpha = 6,4$ кэВ. Далее соответственно по энергии и количеству квантов судят о строении вещества [6-10].

Таблица 2

Результат химического состава стекла ($SiO_2.PbO.K_2O$) рентгено-флуоресцентным анализом на спектрометре (РФА)

Аналит	SiO_2	PbO	K_2O	Rb_2O	Fe_2O_3	CuO
Рез-Т	52.716	35.113	11.991	0.093	0.057	0.030

Выводы

При анализе песка гранулированного размера (0,2 - 0,315) исследование химического состава песка проводилось с помощью (ЭДС) было установлено, что концентрация железа (Fe_2O_3) относительно концентрации кремнезема составляет (0,103 %), а при приготовлении стекла система ($SiO_2.PbO.K_2O$) из самого песка (массой 55,5 г) и проведении анализа с помощью (РФС) было установлено, что концентрация железа (Fe_2O_3) (0,057%).

$$\frac{\text{масс \% } Fe_2O_3}{\text{масс (г) } SiO_2} \frac{0,057}{55,5} * 100 = 0.1027$$

При сравнении методов анализов сканирующей электронной микроскопический (ЭДС) и Рентгено-флуоресцентный (РФА) отметим, что полученные результаты очень близки друг к другу, а это значит, что концентрация железа в иракском песке размером гранул (0,25-0,315) мм составляет почти 0,10285.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mazin Y. Tamar-Agha, Asma A.A. Ibrahim, THE SILICA SAND DEPOSITS IN THE WESTERN DESERT OF IRAQ: AN OVERVIEW, Iraqi Bulletin of Geology and Mining Special Issue, No.8, 2019, p 225 – 240.
2. Бахтиаров, А. В. Рентгеноспектральный флуоресцентный анализ в геологии и геохимии: монография / А. В. Бахтиаров. – Л.: Недра, 1985. – 144 с.
3. Бахтиаров, А. В. Коэффициенты рассеяния рентгеновских лучей / А. В. Бахтиаров, С. А. Чернобережская // Аппаратура и методы рентгеновского анализа. – Л.: Машиностроение, 1972. – Вып.11. – С. 200–218.
4. Сивко, А.П. Технология электролампового стекла /А.П. Сивко. – Саранск, Изд – во Мордовский университет, 2015. – 604 с.
5. Аблязов, К.А. Исследование песков Саратовской области для производства флотат-стекла / К.А. Аблязов, И.Н. Горина, О.А. Ни-

кишонкова, М.В. Мадянов / Стеклопрогресс – XXI: сборников докл. 2 Международной конференции 25–28 мая. – Саратов: ОАО «Приволжское книжное издательство», 2004. – С. 15–20.

6. Зыгалов, В.В. Исследование Магнитные сепараторы / В.В. Зыгалов / Стеклопрогресс – XXI: сборников докл. 2 Международной конференции 25–28 мая. – Саратов, ОАО «Приволжское книжное издательство», 2004. – С. 113–119.

Аргуэльо Ариана (Коста-Рика), Галинсога Хесус (Мексика)

Самарский национальный исследовательский университет, г. Самара

Научный руководитель: Ткаченко Иван Сергеевич, к. т. н., доцент

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗООБРАЗНОГО ВОДОРОДА НА АЭРОСТАТЕ НА ПОВЕРХНОСТИ ТИТАНА

Анализ различных планетарных зондов для исследования и изучения внеземных атмосфер и ландшафтов показывает, что только некоторые миссии рассматривают преимущества использования таких универсальных и простых зондов как аэростаты. В настоящее время рассматривается возможность использования такого рода зонда в рамках планируемой миссии на спутник Сатурна - Титан. Данная работа посвящена различным техническим особенностям, связанным с использованием водорода в качестве заправочного газа на аэростате для миссии на Титан.

Введение

В последние годы различные космическое агентство рассматривали новые небесные тела в качестве альтернативы межпланетным исследованиям, поскольку такие направления, как Луна, Марс или Венера, были хорошо изучены с самого начала межпланетных миссий. Кроме того, были рассмотрены новые научные цели для текущих и будущих межпланетных миссий, а именно оценка потенциальной человеческой оккупации внеземной атмосферы и эксплуатация природных ресурсов других планет.

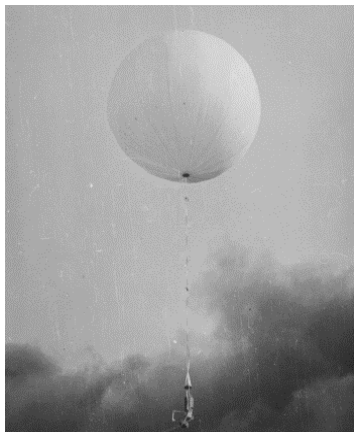


Рисунок 1. Аэростат "Вега-1" во время испытаний на Земле

Посадочные планетоходы являются хорошим вариантом для исследования местности, сбора и анализа образцов, однако сложность и стоимость такого рода роботизированных зондов высока, поэтому предназначены они только для космических программ и агентств с развитой инфраструктурой. Также приводились в действие летающие зонды, как и проектируемая миссия Dragonfly [1], которую можно было рассматривать как универсальное, но в то же время очень сложное транспортное средство. Более простые устройства считались приспособленными для экстремальных условий, где поверхность практически недостижима и посадка таких устройств невозможна. Одна из них - миссия на Венеру «Вега». В июне 1985 года космический аппарат доставил сферический спускаемый аппарат весом 1500 кг и диаметром 2,40 м. Каждый из них содержал посадочный модуль и аэростат-исследователь [2]. Аэростат-исследователь во время спуска был заполнен 20,6 м³ газообразного гелия, подаваемого из шести сферических баллонов высокого давления. Аэростат нес 1,2-метровую гондолу, состоящую из различных научных приборов (см. 1). Гондола весила 6,87 кг, а весь аэростат - 21 кг [3].

Теоретические основы

2.1 Исследование Титана

Титан-самый большой спутник Сатурна и единственный в Солнечной системе, имеющий плотную атмосферу. Эта атмосфера очень интересна, так как это единственная значительная азотная атмосфера в Солнечной системе, кроме Земли, и она также является «домом» для обширной органической фотохимии [4].

В 2004 году космический аппарат "Кассини" провел многочисленные измерения гравитации Титана и показал, что эта луна скрывает под своей поверхностью внутренний океан жидкой воды и аммиака [5]. От-

крытие мирового океана жидкой воды делает Титан одним из самых интересных объектов для исследований.

2.2 Аэростатный зонд

В миссиях, что этап полета к объекту исследований занимает продолжительное время, варианты аппаратов-исследователей легче воздуха обеспечивают явную экономию энергии в соответствии с [4], кроме того, конфигурация исключает контакт с поверхностью, снижая риск удара или повреждения устройства. Корпус аэростата является рациональным вариантом благодаря своей технической простоте, сокращающей время разработки и затраты; также, отсутствует необходимость использования двигательной установки для маневров. Кроме того, в [4] упоминается, что два аспекта атмосферы Титана, которые являются приоритетными для исследования, являются: атмосферная динамика/метеорология и сезонные вариации/взаимодействие атмосферы и поверхности; для обоих случаев применение аэростатного зонда является оправданным.

Использование простой надуваемой газовыми баллонами конструкции с гондолой без двигательной установки показало свою эффективность в миссиях "Вега", в рамках которых аэростатные зонды могли перемещаться вдоль вертикальной оси и получать ценную информацию о характеристиках атмосферы. Они работали 46 часов, пролетев примерно 1/3 окружности планеты при ветре 240 км/час. Средняя высота полета при этом составляла 53 км. Часть полученной информации состояла из измерений локальной динамики атмосферы, давления, температуры, уровней освещенности и свойств облаков [3], [6].

2.3 Водород как заправочный газ

Водород и гелий являются наиболее широко используемыми газами в метеозондах из-за хороших плавучих свойств, связанных с их низкой плотностью. Однако преимущества использования водорода в качестве заправочного газа очевидны при анализе зависимости грузоподъемности от объемов газа [7], что показано на рис.2. При рассмотрении обеих альтернатив разница в полезной нагрузке для баллона объемом 51 м³ составляет 20 кг.

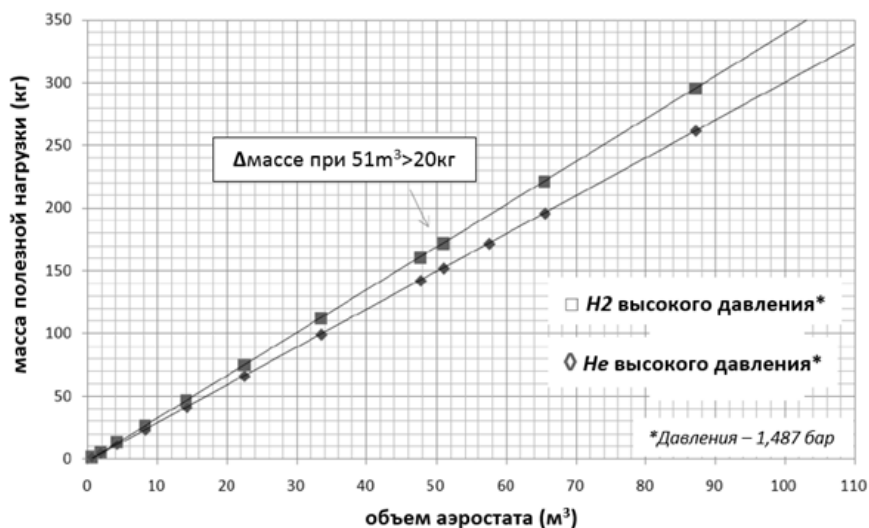


Рисунок 2. Несущая способность полезной нагрузки и оболочка аэростата

Описание проблемы

Хотя водород можно рассматривать как хорошую альтернативу в качестве заправочного газа летательном аппарате легче воздуха в атмосфере Титана, некоторые технические сложности могут представлять риск для успеха миссии такого транспортного средства.

3.1 Хранение газа

Плотная, холодная атмосфера Титана представляет собой более сложную среду в некоторых отношениях, чем открытый космос. Во-первых, многослойная изоляция плохо работает, так как межслойный зазор заполнен газом, поэтому для обеспечения изоляции необходимо использовать пенопласт или дьюар. А при использовании контейнера на Титане корабль будет терять свои аэродинамические свойства [4].

3.2 Воспламеняемость

На Земле при применении атмосферных аэростатов опасность воспламенения является одним из основных недостатков использования водорода. В атмосфере Титана из-за отсутствия свободного кислорода воспламеняемость не может считаться актуальной проблемой, однако для оценки существенности этой проблемы требуется дальнейший анализ процентного содержания метана в составе атмосферы Титана.

3.2 Транспортировка газа

На миссии "Вега" один из баллонов со сжатым гелием (всего их было шесть) весил 4,1 кг; это значительная величина при рассмотрении транспортировки газа в межпланетной миссии [3].

Обсуждение и будущая работа

В качестве предложения для будущих исследований следует оценить потерю водорода в оболочке из-за низкой температуры, что в

принципе может быть компенсировано в ограниченной степени путем донаддува оболочки из резервуара под давлением [4]. Кроме того, еще одно предложение состоит в том, чтобы предусмотреть дополнительный резервуар, соединенный с баллоном, чтобы компенсировать утечки и диффузию газа. Хотя некоторые работы (в частности, [8]) указывают на то, что конфигурация воздушного шара Монгольфье превосходит его, поскольку он значительно более устойчив к небольшим отверстиям в воздушном шаре и, следовательно, более надежен, чем водородные газовые дирижабли. Эта конфигурация подразумевает собственную сложность, связанную с системой, необходимой для нагрева атмосферного газа.

Заключение

Уникальное сочетание сложного, богатого углеродом химического состава Титана на его большей части водной ледяной поверхности делает его идеальным местом для межпланетных исследований. Аппарат легче воздуха типа аэростатного зонда для исследования атмосферы считается хорошей альтернативой, поскольку он представляет собой технически довольно простое устройство, реализация которого привела бы к сокращению времени разработки и затрат. Что касается использования водорода в качестве заправочного газа, то при планировании или проектировании будущих миссий следует учитывать технические проблемы, упомянутые в настоящей работе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Johns Hopkins Applied Physics Laboratory - 2021. - (<https://dragonfly.jhuapl.edu/What-Is-Dragonfly/>).
2. Госкорпорация по космической деятельности/Роскосмос/ [Текст]// Запуск автоматической межпланетной станции Vega-1 - 2017. - С. 10-14.
3. Mitchell, D. P. // The Venus-Halley Missions - 2003. - (http://mentallandscape.com/V_Vega.htm).
4. Lorenz, R. D. Post-Cassini Exploration of Titan [Текст]/ Lorenz, R. D.// Rationale and Mission Concepts.- 1999. - С. 10 -15.
5. Howell, E// Cassini-Huygens: Exploring Saturn's System- 2017.-
6. (<https://www.space.com/17754-cassini-huygens.html>).
7. Николаевич, Л.А [Текст]// Методы, приборы и результаты исследования метеорологических параметров атмосферы Венеры и Марса. - 2008. - С. 16 -20. - С. 24-26.
8. Esper, J [Текст]// Mission Design and Technology for Titan Aerobot Balloon System. - 2012. - С. 38 -40. - С. 47-50.

9. The Johns Hopkins University Applied Physics Laboratory [Текст]// Titan Explorer Flagship Mission Study - 2008. - С. 112.

Банщикова Маргарита Александровна (Казахстан),
Мельникова Анастасия Сергеевна (Россия),
Татаринцева Мария Алексеевна (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Агранович Виктория Борисовна,
к. филос. н., доцент

РОЛЬ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА В КРУПНЕЙШИХ ЯДЕРНЫХ КАТАСТРОФАХ

Введение

Как известно, своим появлением на Земле человек изменил определенный природный уклад. Различные изобретения, заводы и энергетические станции, разумеется, играют огромную роль в мировом прогрессе. Однако людям не всегда удается контролировать ситуацию и действовать только себе на пользу.

За всю историю человечества произошло немало критических ситуаций, приведших к катастрофическим последствиям. Официальными причинами чаще всего называют неисправности в работе механизмов, недостаточную квалификацию сотрудников или иные внешние причины. Однако зачастую в катастрофах мирового масштаба ключевую роль играет имеет человеческий фактор.

Понятие «ядерная катастрофа»

Ядерная катастрофа – это нарушение правил безопасной эксплуатации ядерно-энергетической установки, оборудования или устройства, при котором произошел выход радиоактивных продуктов или ионизирующего излучения за предусмотренные проектом пределы их безопасной эксплуатации, приводящей к облучению населения и загрязнению окружающей среды [1].

Международное агентство по атомной энергии (МАГАТЭ) в 1988 году разработало, а позже допустило к использованию Международную шкалу ядерных событий для оценки аварийных происшествий. Шкала подразделяется на семь уровней: 1 - аномалия, 2 - инцидент, 3 - серьезный инцидент, 4 - авария с локальными последствиями, 5 - авария с широкими последствиями, 6 - серьезная авария, 7 - крупная авария; также существует “нулевой уровень”, не представляющий опасности. Допол-

нительная классификация по области воздействия: население и окружающая среда, радиологические барьеры и контроль, глубокоэшелонированная защита [2].

Основные поражающие факторы ядерных аварий - радиационное воздействие и радиоактивное загрязнение, что негативно влияет на человеческий организм и окружающую среду [3].

Содержание понятия «человеческий фактор»

Многие катастрофы – это результат производственной ошибки, по причине «человеческого фактора». Это возможность принятия человеком неправильного решения в тех или иных ситуациях. Он подразумевает личностные качества сотрудника, его привычки, ценности, уровень восприимчивости и много другое. Сама по себе ошибка – это «незапланированное действие». Человек или делает то, что не должен (ошибка исполнения), или не делает то, что должен сделать (пропуски).

Выделяют три составляющие человеческого фактора: организационные факторы, индивидуальные факторы и факторы, связанные с конкретным рабочим заданием [4].

Ядерные катастрофы и человеческий фактор

Катастрофа на АЭС «Фукусима-1» - событие 2011 года на северо-востоке Японии. Землетрясение высокой магнитуды и высокое цунами - причина неисправной работы системы аварийного энергоснабжения станции. Вследствие этого произошло прекращение охлаждения ядерного топлива. Аварии получила наивысший уровень опасности.

Правительственная комиссия пришла к выводу, что растерянность и отсутствие действия со стороны руководства компании-оператора станции - основа катастрофы.

Цунами уничтожило большую часть аварийных генераторов. Руководство Токийской энергетической компании (TEPCO) направило на «Фукусиму» машины с автономными источниками электроснабжения, но из-за поврежденной дороги автомобили приехали очень поздно. Питание не удалось восстановить из-за отсутствия подходящего оборудования. Топливо начало плавиться, т.к. начало расти давление из-за прекращения циркуляции охладителя. Было принято решение - открыть клапаны реакторов, чтобы сбросить лишнее давление и избежать взрывов, но из-за представителей TEPCO клапаны открыли только на следующий день. Спустя пять часов вышедшая смесь газов взорвалась, смешавшись с воздухом. Авария превратилась в катастрофу [5].

«Фукусима-1» не была готова к природным катаклизмам. Очевидно, что причина - человеческий фактор. Командование растерялось, не приняв оперативных мер. Принятие решений растянулось на несколько

дней. Система реагирования не была подготовлена к экстренным ситуациям.

Если рассматривать общие причины возникновения такой ситуации именно в Японии, следует сделать акцент на основных религиях и верованиях, которые оказывают значительное влияние на восприятие мира индивидуумом. Во-первых, одним из столпов синтоизма, традиционной религии Японии, является беспрекословное уважение к старшим, как по возрасту, так и по положению. В синтоизме любое отклонение от принятых норм подвергается порицанию. Так, японцы, сталкиваясь с неординарной ситуацией, не могут позволить себе действовать вне рамок ранее установленных правил. Зачастую, именно такая бескомпромиссность препятствует быстрому решению неортодоксальной проблемы. Второй распространенной религией в Японии является буддизм. Основной целью буддизма является достижение абсолютного просветления, к которому можно прийти, только совершая определенный порядок действий день за днем, при этом не ожидая быстрого результата. Это также одна из причин медленной реакции японцев - в сознании многих верующих уже укрепилась мысль о невозможности достижения быстрого результата. В силу своих верований нация склонна медленно, сосредоточенно решать проблемы. Во многих ситуациях такой подход помогает им добиваться большого успеха (например, в развитии технологий), но, к сожалению, есть проблемы, требующие быстрого реагирования и неординарного решения. Таковой оказалась и авария на Фукусиме.

Способы предотвращения ядерных катастроф

Один из способов предотвращения ядерных катастроф - обеспечение предприятием безопасности производственных процессов, условий труда и защита здоровья работников. Чтобы продуктивно работать и не допускать рабочих рисков, человеку нужны хорошие внимание и память. Устойчивость и концентрация внимания очень важны в выполнении какого-либо рода деятельности. Чтобы избежать ошибок, специалисту надо находиться в состоянии готовности к действиям, поэтому требуется концентрация внимания на протяжении всего рабочего процесса, также специалисту необходимо помнить и запоминать множество информации, необходимой для выполнения работы.

Причиной непредвиденных обстоятельств на производстве может стать рискованное поведение человека. Возможные причины склонности человека к рискованному поведению следующие: недостаток профессионализма, не регламентированные инструкцией действия для некоторых ситуаций, влияние социально-психологических факторов.

К одному из методов психологической диагностики склонности взрослых людей к рискованному поведению в условиях труда можно

отнести специальные тесты. С помощью этих тем психолог определяет склонности человека к выбору безопасного или, наоборот, рискованного поведения на работе. Такая диагностика измеряет не только склонность человека следовать правилам охраны труда, но и импульсивность, подверженность стрессу, что может подтолкнуть человека к осознанным или неосознанным опасным действиям.

Причиной рискованного поведения человека на работе может стать производственный стресс. Это состояние напряжения работника, возникающее под воздействием эмоционально-отрицательных и экстремальных факторов.

Со стороны работодателя предотвращение стресса на предприятии - это важная задача, решить которую может мотивация работников к безопасному труду. Мотивация безопасного труда – это организация работы компании таким образом, чтобы каждый старался выполнять свои обязанности наилучшим образом и по всем требованиям безопасности.

Единого правила или лучшего метода для мотивации безопасного труда не существует. Часто нематериальные способы вознаграждения помогают достичь желаемого результата намного скорее, чем денежные выплаты.

Искусственный интеллект

Устоявшегося стандартного определения для ИИ нет, поэтому можно сказать, что это машинная система, способная обучаться, использовать знания и опыт, решать творческие и изобретательские задачи, выстраивать стратегии и применять абстрактные концепции, что свойственно для человеческого мозга.

Искусственного интеллекта до сих пор нет, поскольку не решена главная задача создания машины, сравнимой с человеческим мозгом по мощности, по возможностям и по архитектуре процессоров и сетей, состоящих из огромного количества нейронов. Искусственные нейронные сети – это уже первый шаг к созданию ИИ и абсолютно другой системе анализа информации, это, по сути, компьютерные модели, имитирующие работу биологических нейронов. Искусственные нейронные сети умеют обучаться, запоминать и воссоздавать образы, выявлять закономерности, анализировать информацию и выдавать результаты.

Областей применения у ИИ будет действительно очень много, и ядерная энергетика, как одна из наиболее интеллектуальных сфер человеческой деятельности, станет одной из них.

Искусственный интеллект в сфере ядерной энергетики

Автоматизация в ядерной энергетике остается на высоком уровне с момента ее зарождения. Автоматизированные системы управления процессами необходимы для того, чтобы исключить как технологические

риски, так и угрозу жизни и здоровью специалистов. ИИ способен расширить возможности автоматизации и контроля, а также поможет понять создать что-то новое. К задачам ИИ в сфере ядерной энергетики относят: безопасность реакторов, контроль состояния АЭС, управление катастрофическими рисками, создание цифровых моделей АЭС, ИИ + АСУ ТП на предприятиях атомной отрасли, проектирование, развитие науки и технологический прогресса и кибербезопасность [6].

Заключение

Так как для полной автоматизации АЭС предстоит приложить немало усилий, большая часть ответственности все равно лежит на людях. Именно человеческий фактор при определенных условиях может привести к производственной ошибке. Человеческий фактор можно разделить на три составляющие: индивидуальные факторы, организационные факторы и факторы, связанные с конкретным рабочим заданием. Все они играют важную роль, но иногда они отражаются по-разному в понимании людей, зачастую это связано с основными религиями и верованиями, которые оказывают значительное влияние на восприятие мира индивидуумом. Решить проблемы безопасного труда можно с помощью стимулирования персонала к безопасному труду, автоматизированных систем управления процессами, за которыми стоит будущее, но не без участия человека. Так, в идеале, стимулированную работу человека должен дополнять ИИ, чтобы свести риск ядерных катастроф к минимуму.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Некрасов С.А. Хронологические закономерности истории ядерных катастроф. Ч. II // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. - 2009. - №15. - С. 10-17.
2. Арнольд В.И. Теория катастроф // Известия высших учебных заведений. Северо-Кавказский регион. Технические науки. - 1990. - С. 128.
3. Комлева Е.В. Природоантропосоциальный феномен ядерной энергии // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. - 2011. - №4. - С. 13-20.
4. Komleva E. Nuclear Energy: Social-Humanitarian Aspects // Nuclear Energy Systems for Future Generation and Global Sustainability GLOBAL 2005. International Conference, October 9-13, 2005. Japan, Tsukuba : Atomic Energy Society of Japan, 2005. Abstracts. P. 444.

5. Garrison J. The Darkness of God: Theology after Hiroshima // SCM Press. - 1982. - №3. - P. 11-15.
6. Атомный эксперт [электронный ресурс] : Искусственный интеллект в ядерной энергетике : электрон. журн. Март 2018. № 1. URL: <https://atomicexpert.com/page3177509.html> (дата обращения 21.02.2021)

Баршонь Саболч (Венгрия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научные руководители: Нестеров Владимир Николаевич, к т н, доцент
Кузнецов Михаил Сергеевич., к т н, доцент

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТОПЛИВА ДЛЯ РЕАКТОРОВ ВВЭР-1200 ПОМОЩЬЮ ПАКЕТА ПРОГРАММ MSU

Введение

Водо-водяной энергетический реактор (ВВЭР) относится к самому распространенному типу реакторов с водой под давлением. В Венгрии этот тип реактора также находится в эксплуатации. В конце 2014 года Россия и Венгрия подписали документы о строительстве в АЭС "Пакш" новых энергоблоков ВВЭР-1200 [1].

В связи с вышесказанным, основное внимание в этой работе уделяется моделированию параметров активной зоны реактора ВВЭР-1200 помощью пакета программ MSU [2].

В данной работе автором разработаны оптимальные обогащенные выгорающие поглотители ^{155}Gd и ^{157}Gd для активной зоны реакторов ВВЭР «mini core» и «midi core». Эти конфигурации содержат различные фракции поглощающих нейтроны изотопов ^{155}Gd и ^{157}Gd , а также конструкции из ^{155}Gd , обогащенные на 100%. С помощью пакета MSU были рассчитаны нейтронно-физические характеристики конфигураций топливных стержней, обогащенных $\text{UO}_2/\text{Gd}_2\text{O}_3$.

Теория выгорания

При запуске реактора - первом цикле облучения активной зоны - имеется большое количество избыточной реактивности из-за большого количества топлива. И скорость деления, и нейтронный поток могут резко увеличиваться. Таким образом, необходима система управления для предотвращения большого выброса реактивности в первый период.

Выгорающие поглотители

В настоящее время выгорающие поглотители используются в виде соединений В, Ер, Еи и Gd.

Если сравнивать, например, эрбиевые и гадолиниевые присадки по такому отдельному параметру как паразитная реактивность, то у Gd меньше отрицательных факторов от невыгоревших или медленно выгорающих изотопов, наличие которых требует дополнительного обогащения топлива изотопом ^{235}U [3, 4].

У эрбия сечение поглощения тепловых нейтронов на два порядка ниже, чем у гадолиния, до энергий 0.1 эВ.

Преимущество использования изотопа гадолиния ^{155}Gd и ^{157}Gd в качестве выгорающих поглотителей

Усовершенствованное ядерное топливо PWR, способное при сжигании выделять более 70 GWd/Ton, обязательно должно иметь, среди прочего, обогащение урана выше 5%, что приводит к необходимости использования чрезвычайно эффективных выгорающих поглотителей. Оксид гадолиния (Gd_2O_3) в настоящее время используется в качестве выгорающего поглотителя для топлива PWR. Процессы производства, свойства и поведение гадолиния, смешанного с UO_2 -топливом, хорошо известны и хорошо изучены. В природе существуют семь изотопов гадолиния. Из них только два изотопа, ^{155}Gd и ^{157}Gd , имеют чрезвычайно высокие сечения поглощения тепловых нейтронов [5].

Побочный эффект выгорающих поглотителей, содержащих гадолиний – снижение теплопроводности топлива $\text{UO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$, и, таким образом, это приводит к более высоким профилям температуры в топливе.

Чтобы избежать таких точек с повышенной температурой, в имеющихся в настоящее время стержнях PWR используется более низкое обогащение ^{235}U во всех топливных таблетках, содержащих гадолиний. Использование гадолиния, обогащенного наиболее важными изотопами ^{155}Gd и ^{157}Gd для поглощения нейтронов, может позволить снизить содержание природных изотопов гадолиния (Gd_2O_3) в таблетках и, таким образом, улучшить теплопроводность топливных стержней. Это позволяет использовать одинаковое обогащение ^{235}U в обоих типах топливных таблеток: в таблетках с $\text{UO}_2\text{-Gd}_2\text{O}_3$ и с UO_2 [6].

Разработка ТВЭЛа «mini core» и ТВС «midi core»

Все технические решения конструкции ТВС-2М были перенесены в проект АЭС2006. Средняя часть модели ТВС содержит 312 тепловыделяющих элементов, 18 направляющих каналов и один инструментальный канал.

В качестве нейтронной модели выступает элементарная ячейка реактора, состоящая из топливной части твэла, гелиевого центрального отверстия и зазора, оболочки, водного замедлителя. При проведении

расчета данная модель разбивается на 34 аксиальных слоев (32 слоев в топливной части и 2 слоя торцевого замедлителя).

В следующих рассматривался применение гадолиния в качестве ВП в форме Gd_2O_3 для реактора ВВЭР- 1200. Созданы геометрические модели и проведено размещение 40 – 40 вариантов топлива для «mini core» и «midi core». Были продемонстрированы по программному комплексу MCU высотное распределение энерговыделение в разных ТВСах.

Заключение

Представлена теория выгорающих поглотителей (ВА), а также упоминаются используемые в настоящее время выгорающие поглотители и некоторые различные конфигурации выгорающих поглотителей для длительной эксплуатации реактора PWR. Разработаны модели ТВЭЛа и ТВСа для реактора ВВЭР-1200. Вычислены концентрации и созданы геометрические модели размещения 40 – 40 вариантов топлива для «mini core» и «midi core». Разделено ТВС на несколько аксиальных слоев и проведение расчета их энерговыделения в холодном состоянии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ase-ec.ru. 2021. [online] Available at: <<https://ase-ec.ru/en/projects/paks-2-npp/>> [Accessed 13 March 2021].
2. Mcuproject.ru. 2021. MCU Code: MCU Project Home Page. [online] Available at: <<http://mcuproject.ru/rabout.html>> [Accessed 13 March 2021].
3. Конотоп, Ю., Одейчук, Н. and Красноруцкий, В., 1998. Современное состояние проблемы поглощающих нейтроны материалов и изделий на их основе для реакторов типа ВВЭР-1000. Харьков: ЙНЦ ХФТИ, р.-68.
4. M. L. Grossbeck, J.-P. A. Renier and Tim Bigelow, 2003. Development of improved burnable poisons for commercial nuclear power reactors. Final Report on NERI Project Number 99-0074,.
5. Pubchem.ncbi.nlm.nih.gov. 2021. Gadolinium | Gd (Element) - PubChem. [online] Available at: <<https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/element/Gadolinium#section=Isotopes>> [Accessed 13 March 2021].
6. Yilmaz, S., Ivanov, K., Levine, S. and Mahgerefteh, M., 2006. Development of enriched Gd-155 and Gd-157 burnable poison designs for a PWR core. Annals of Nuclear Energy, 33(5), pp.439-445.

Ван Дакунь (Китай), Дедова Елена Сергеевна (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Буякова Татьяна Петровна, д. т. н., профессор

ИССЛЕДОВАНИЕ СТРУКТУРНО-ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ КАРБИДНОЙ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ КЕРАМИКИ В ПРОЦЕССЕ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНОЙ КОНСОЛИДАЦИИ

Введение

Многокомпонентные твердые растворы, стабилизированные энтропией, вызывают особый научный интерес со стороны исследователей. Формирование однофазных керамических твердых растворов замещения из эквимольных порошковых смесей возможно при выигрыше конфигурационной энтропии смешения, которая способствует уменьшению свободной энергии Гиббса [1]. В этом случае наблюдается значительное искажение кристаллической решетки и замедленные диффузионные процессы, что сопровождается выгодным изменением физико-механических свойств. Данный класс материалов обладает уникальными свойствами, в том числе высокой прочностью, термической стабильностью, высокой коррозионной стойкостью и износостойкостью, и т.д. [1-3]. На сегодняшний день многие исследования сосредоточены на получении и исследовании свойств энтропийно-стабилизированных керамик [4-7]. Однако остаются открытыми вопросы, касающиеся структурно-фазовых превращений, протекающих при формировании керамик, стабилизированных энтропией. Целью настоящей работы является исследование структурно-фазовых превращений энтропийных керамических твердых растворов в процессе высокотемпературной консолидации эквимольной порошковой смеси.

Материалы и эксперименты

В настоящей работе объектом исследований выступала керамика HfC-ZrC-TiC, полученная из порошков TiC, ZrC, HfC в эквимольном соотношении. Активация порошковой смеси производилась в планетарной мельнице в среде аргона. Образцы керамик были получены методом спекания под давлением в интервале температуры 1400°C - 1900°C с шагом 100°C при давлении 30 МПа в течение 30 минут в атмосфере аргона. Плотность керамических материалов определялась методом гидростатического взвешивания. Пористость керамических материалов была определена методом случайных секущих по изображениям полированной поверхности керамик. Фазовый состав керамических материалов анализировался с помощью дифрактометра с $\text{CuK}\alpha$ излучением.

Результаты и обсуждение

Повышение температуры спекания от 1400°C до 1900°C привело к уплотнению и снижению пористости керамических материалов HfC-ZrC-TiC, рисунок 1. Видно, что плотность керамических образцов повышалась от 7.0 ± 0.21 г/см³ до 8.1 ± 0.23 г/см³ по мере увеличения температуры консолидации с 1400 °C до 1900 °C. При этом наблюдалось уменьшение пористости с $23 \pm 4\%$ до $9 \pm 2\%$.

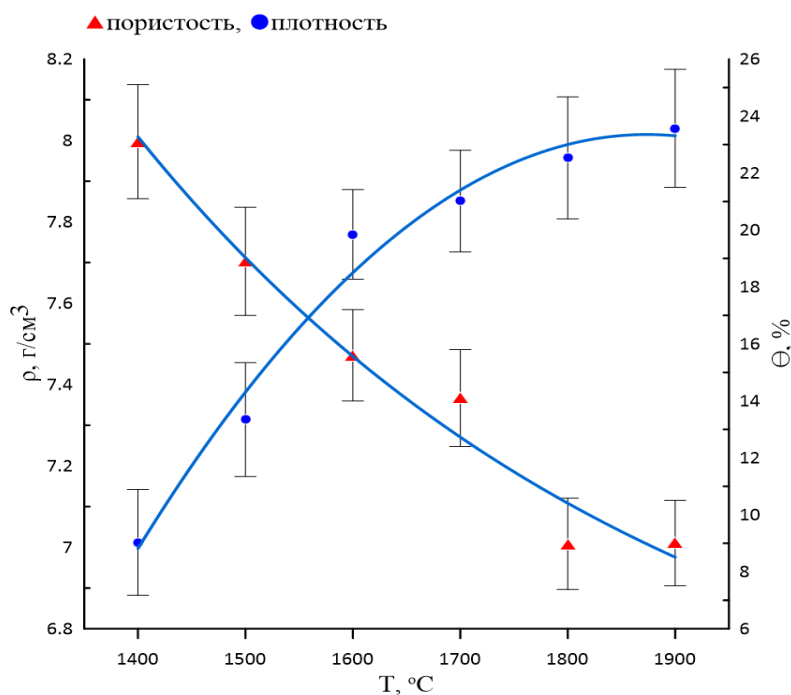


Рисунок 1 Зависимость плотности и пористости керамических образцов от температуры спекания

На рисунке 2 приведены рентгенограммы керамик HfC-ZrC-TiC, полученных при разных температурах спекания. Видно, что на рентгенограмме керамики HfC-ZrC-TiC, полученной при температуре 1400°C, регистрировались рефлексы, принадлежащие TiC и ZrC. Кроме этого, фиксировались максимумы, соответствующие двухкомпонентному твердому раствору (Hf,Zr)C. Увеличение температуры спекания до 1600°C привело к исчезновению рефлексов исходных карбидов. При этом регистрировались рентгеновские рефлексы твердых растворов (Ti,Zr)C и (Hf,Zr,Ti)C. На рентгенограмме керамики, полученной при 1700°C, фиксировался основной набор пиков, принадлежащих ГЦК структуре (Hf,Zr,Ti)C. Дальнейшее повышение температуры спекания до 1900°C не привело к изменению фазового состава, но наблюдалось увеличение симметрии рентгеновских максимумов (Hf,Zr,Ti)C и уменьшение их интегральной ширины.

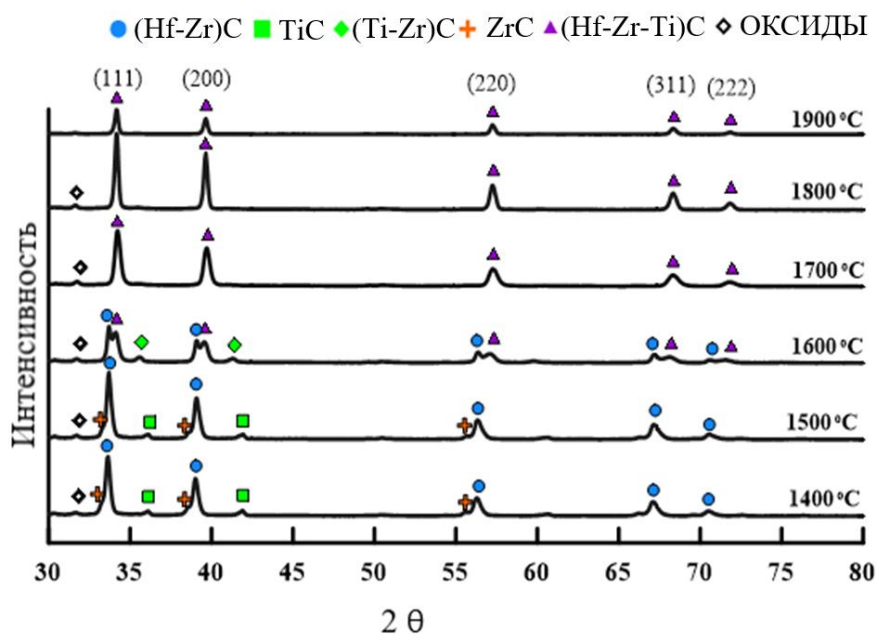


Рисунок 2. Рентгенограммы керамических материалов $HfC-ZrC-TiC$, полученных при различных температурах спекания

Размер ячейки твердого раствора замещения $(Hf,Zr)C$ при увеличении температуры спекания керамик от 1400°C до 1600°C сохранялся равным $a = 4.640 \pm 0.001 \text{ \AA}$. Согласно [8] размер ячейки $(Hf,Zr)C$ в полученных керамиках соответствует твердому раствору на основе карбида гафния состава $(Zr_{0.5}Hf_{0.5})C$. Несмотря на сохранение бинарного карбида ZrC в структуре керамик, увеличение температуры спекания не привело к увеличению содержания катионов Zr^{4+} в твердом растворе $(Hf,Zr)C$, что свидетельствует о его полном формировании в процессе спекания при температуре 1400°C. Образование твердого раствора замещения $(Hf,Zr)C$ при довольно низкой температуре спекания для карбидов металлов ожидаемо. Низкое значение энергии образования твердого раствора $HfC - ZrC$ предполагает идеальную смешиваемость карбида циркония и карбид гафния даже при комнатной температуре.

Параметр ячейки твердого раствора замещения $(Ti,Zr)C$ составил 4.373 \AA при температуре 1600°C, что соответствует твердому раствору на основе карбида титана состава $(Ti_{0.9}Zr_{0.1})C$ [9].

Параметр элементарной ячейки твердого раствора $(Hf,Zr,Ti)C$ в керамике после спекания при температуре 1900°C составил 4.564 \AA . В таблице 1 приведены характеристики керамики $(Hf,Zr,Ti)C$, стабилизированные энтропией, полученной при температуре 1900°C.

Таблица 1

Характеристики керамики (Hf,Zr,Ti)C, стабилизированной энтропией, полученной при температуре 1900 оС

Состав керамики	Фазовый состав	Параметр решетки, Å	Область когерентного рассеяния рентгеновских лучей, нм	Микродисторсия	Энтропия смешения, ΔS_{mix}
HfC,ZrC,TiC	твёрдый раствор замещения (Hf,Zr,Ti)C	4.564	42	$1.8 \cdot 10^{-3}$	0.9

Согласно приведенным рентгеновским исследованием показано, что формирование трехкомпонентного твердого раствора (Hf,Zr,Ti)C происходит с образованием более простых твердых растворов. Многостадийность образования твердого раствора на основе карбидов металлов в эквимольном соотношении обусловлена диффузионной подвижностью переходных металлов, которые, в свою очередь, зависят от таких факторов, как атомный радиус, температура плавления, параметр решетки, энергия образования вакансии, коэффициент диффузии, энергия активации [3, 5]. Самодиффузия углерода в решетку твёрдого раствора и его концентрация не оказывает влияние на диффузионную подвижность переходных металлов [5].

Анализ фазового состава керамик, полученных из эквимольной смеси порошков ZrC-HfC -TiC показал, что гафний выступил в качестве матричного компонента твердого раствора (Hf,Zr,Ti)C. Образование (Hf,Zr)C произошло замещением в кристаллической решетке Hf атомами Zr. Увеличение температуры спекания привело к растворению титана в (Hf,Zr)C с образованием трехкомпонентного твердого раствора (Hf,Zr,Ti)C.

Заключение

В ходе выполнения работы был получен однофазный керамический твердый раствор (Hf,Zr,Ti)C методом спекания под давлением при разных температурах из порошковых смесей в эквимольном соотношении. Повышение температуры спекания привело к уплотнению и снижению пористости полученных керамик. Твердый раствор замещения (Hf,Zr,Ti)C с ГЦК решеткой по типу каменной соли образовался при 1700оС.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, номер проекта FWRW-2021-0009

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang, R. Z., & Reece, M. J. Review of high entropy ceramics: design, synthesis, structure and properties. // *Journal of Materials Chemistry* – 2019. – A.7., № 39. – С 22148-22162.
2. Wright, A. J., & Luo, J. A step forward from high-entropy ceramics to compositionally complex ceramics: a new perspective. // *Journal of Materials Science*. – 2020. – С. 1-16.
3. Oses C., Toher C., Curtarolo S. High-entropy ceramics // *Nature Reviews Materials*. – 2020. – С. 1-15.
4. J. Zhou, J. Zhang, F. Zhang, B. Niu, L. Lei, W. Wang, High-entropy carbide: A novel class of multicomponent ceramics. // *Ceramics International*. – 2018. – С. 22014-22018.
5. Rost, C. M., Sachet, E., Borman, T., Moballegh, A., Dickey, E. C., Hou, D., & Maria, J. P. Entropy-stabilized oxides. // *Nature communications*. – 2015. – Т.6., № 1. – С 1-8.
6. Chen, K., Pei, X., Tang, L., Cheng, H., Li, Z., Li, C., ... & An, L. A five-component entropy-stabilized fluorite oxide. // *Journal of the European Ceramic Society*. – 2018. – Т 38., №11. – С 4161-4164.
7. Gild, J., Zhang, Y., Harrington, T., Jiang, S., Hu, T., Quinn, M. C., ... & Luo, J. High-entropy metal diborides: a new class of high-entropy materials and a new type of ultrahigh temperature ceramics. // *Scientific reports*. – 2016. – 6. – С 37946.
8. Bittermann, H.; Rogl, P. // *J. Phase Equilibria*. – 2002. –V. 23. –P. 218 – 235.
9. Li Y., Katsui H., Goto T. Microstructure evolution of (Ti, Zr) C solid solution at the initial stage of phase decomposition // *Materials Today: Proceedings*. – 2017. – Т. 4. – №. 11. – С. 11449-11452.

Ван Синьсинь, У Шаша (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Божко Ирина Александровна, к. ф.-м. н., доцент

ЗАЩИТНЫЕ ПОКРЫТИЯ ZrYO / AISiN

Одной из наиболее актуальных задач в настоящее время является создание защитных покрытий, обладающих высокой прочностью и необходимой оптической прозрачностью в видимом диапазоне длин волн. Это связано с возможностью широкого их применения в качестве защиты оптических элементов различных конструкций от механических повреждений. Особенно в такой защите нуждаются ракетная и космическая техника, совершающая длительные полеты в условиях открытого космического пространства [1].

В данной работе рассмотрены оптические и механические свойства защитных покрытий ZrYO и SiAlN толщиной 3 мкм и 6 мкм, полученных методом импульсного магнетронного напыления на поверхности монокристалла кремния.

Результаты и обсуждение

Были рассмотрены спектры светопропускания в области длин волн от 200 до 800 нм для образцов стекла К8 без покрытия и стекла К8 с защитными покрытиями на основе ZrYO/SiAlN толщиной 3 мкм и 6 мкм.

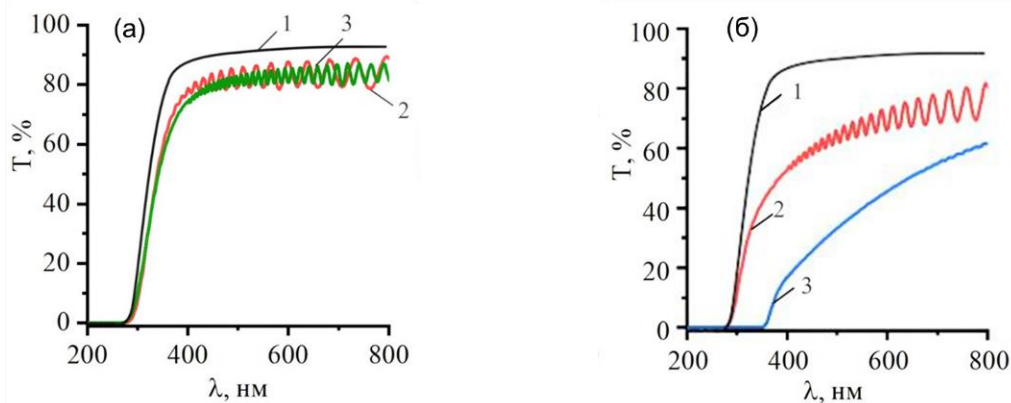


Рисунок 1. Спектры пропускания образцов стекла К8 с защитными покрытиями, 1 – Стекло К8; 2 – Стекло К8 с покрытием 3 мкм; 3 – Стекло К8 с покрытием 6 мкм: (а) покрытие на основе SiAlN, (б) покрытие на основе ZrYO

Из рис. 1 видно, что для исходного стекла марки К8 без покрытия в видимой области спектра коэффициент светопропускания составляет около 90 %, а после осаждения на поверхность стекол покрытий наблюдается снижение, особенно осаждение покрытия ZrYO. Максимальная

величина коэффициента светопропускания в области длин волн от 400 нм до 800 нм для образца с покрытием SiAlN составляет около 80 %, а для образца с покрытием ZrYO толщиной 3 мкм составляет около 75 % [2, 3].

На рис. 2 показаны результаты определения микротвердости исследуемых образцов монокристаллического кремния до и после нанесения покрытия толщиной 3 мкм и 6 мкм при разных нагрузках. Из рисунков видно, что после нанесения защитных покрытий микротвердость повышается, увеличение нагрузки от 1 до 5 Н приводит к закономерному уменьшению микротвердости исследуемых образцов, как в случае нанесения покрытий SiAlN, так и для ZrYO. Максимальная микротвердость образца с защитных покрытий SiAlN толщиной 3 мкм и 6 мкм наблюдается при нагрузке 1 Н составляет $18,6 \pm 1,15$ ГПа и $24,8 \pm 2,50$ ГПа. Для образца с покрытия ZrYO толщиной 3 мкм и 6 мкм – $13,84 \pm 0,71$ ГПа и $11,15 \pm 0,69$ ГПа. По-видимому, такое повышение микротвердости, характерное для образца ZrYO толщиной 3 мкм, обусловлено наличием в нем более высокого уровня внутренних остаточных напряжений по сравнению с образцом ZrYO толщиной 6 мкм.

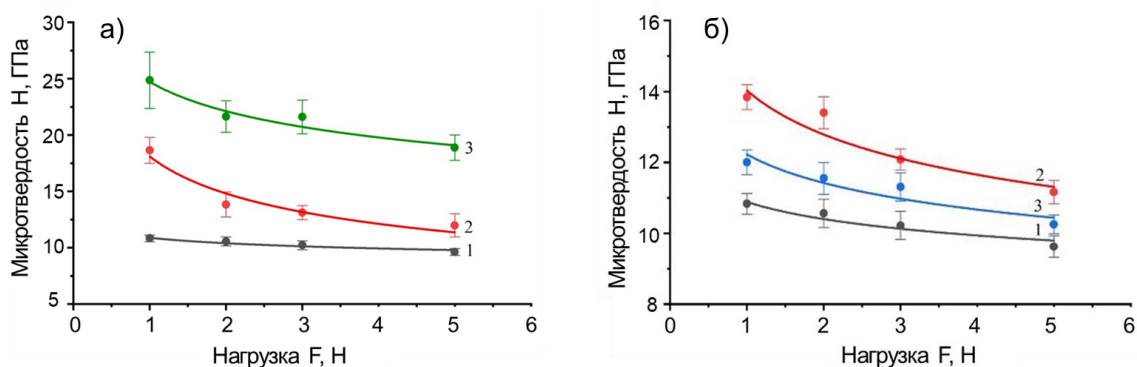


Рисунок 2. Зависимость микротвердости от величины приложенной нагрузки F , 1 – m -Si; 2 – m -Si с покрытием 3 мкм; 3 – m -Si с покрытием 6 мкм: (а) покрытие на основе SiAlN, (б) покрытие на основе ZrYO

Одним из важных факторов, позволяющих судить о способности материалов сопротивляться разрушению при воздействии ударных нагрузок, является их трещиностойкость. Для оценки трещиностойкости исследуемых материалов использовали величину критического коэффициента интенсивности напряжений (КИС) при разных нагрузках.

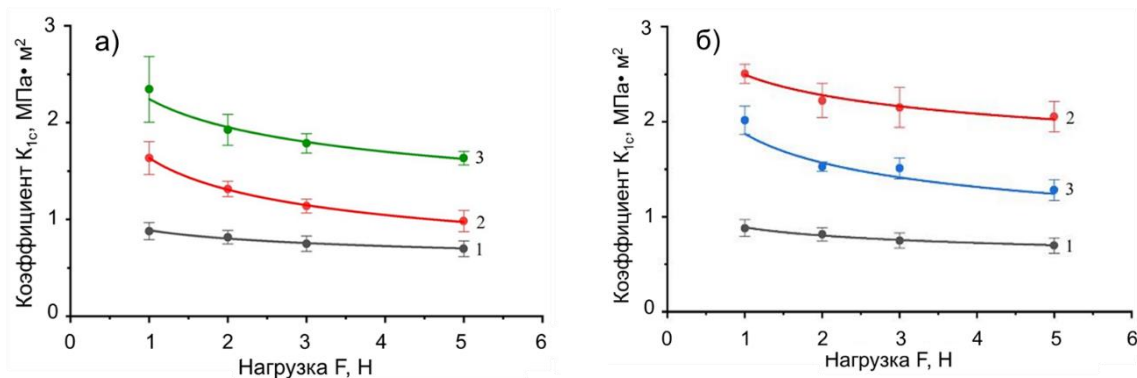


Рисунок 3. Зависимость коэффициента K_{IC} от величины приложенной нагрузки F , 1 – $m\text{-Si}$; 2 – $m\text{-Si}$ с покрытием 3 мкм; 3 – $m\text{-Si}$ с покрытием 6 мкм: (а) покрытие на основе SiAlN , (б) покрытие на основе ZrYO

Из полученных данных следует, что во всем интервале приложенных нагрузок образцы Si с защитными покрытиями характеризуются более высокими значениями коэффициента K_{IC} по сравнению с исходными образцами кремния. По мере увеличения нагрузки от 1 до 5 Н для всех исследуемых образцов величина коэффициента K_{IC} также как и величина микротвердости, демонстрирует плавное снижение. Величина коэффициента интенсивности напряжения для образца $m\text{-Si}$ без покрытия в интервале нагрузок от 1 до 5 Н не превышает $0,9 \text{ MPa} \cdot \text{m}^{1/2}$.

Для образцов Si с покрытием системы SiAlN толщиной 3 мкм коэффициент интенсивности напряжений при нагрузке 1 Н увеличивается по сравнению с исходным образцом в 2 раза, а для образца с покрытием толщиной 6 мкм – в 2,7 раза. На основании этого можно предположить, что образец кремния с покрытием SiAlN толщиной 6 мкм будет проявлять более высокое сопротивление распространению трещин. В случае образцов Si с покрытием системы ZrYO толщиной 6 мкм коэффициент интенсивности напряжений при нагрузке 1 Н увеличивается в 2,2 раза, а для образца Si с покрытием ZrYO толщиной 3 мкм – в 3 раза, таким образом, образец кремния с защитным покрытием ZrYO толщиной 3 мкм должен демонстрировать более высокое сопротивление распространению трещин по сравнению с образцом ZrYO 6 мкм.

Таким образом, светопропускание этих двух покрытий достаточно высокое: коэффициент пропускания образцов с покрытием SiAlN составляет около 80%, и образцов с покрытием ZrYO составляет около 75%, и в то время нанесение покрытия эффективно повышает микротвердость и трещиностойкость, поэтому можно сделать вывод, что данные защитные покрытия заслуживают дальнейшего изучения и развитие данного направления имеет перспективу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Синьсинь В., Шаша У. Закономерности формирования, особенности структуры и свойств ударопрочных защитных покрытий // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов: сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 22-24 апреля 2020 г. – Томский политехнический университет, 2020. – С. 74-78.
2. Ван С. Исследование структурно-фазового состояния и физико-механических свойств защитных нанокompозитных покрытий системы Zr-Y-O на поверхности кремния. – 2020. – С. 43– 45.
3. Шаша У. Закономерности формирования, особенности структуры и свойства ударопрочных защитных покрытий системы Si-Al-N. – 2020. – С. 43– 45.

Ван Цайлунь (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Мышкин Вячеслав Федорович,
д.ф.-м.н., профессор

МОЛЕКУЛЯРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ИЛЛИТА, СОДЕРЖАЩЕЙ РАЗНОЕ КОЛИЧЕСТВО ВОДЫ

Введение

В связи с использованием ядерной энергии и радиоактивных материалов, а также сжиганием угля значительное внимание уделяется противодействию радиоактивному загрязнению окружающей среды. Широко распространено геологическое захоронение радиоактивных веществ в глинистые слои. Ошибки в технологии могут привести к выносу радионуклидов из области захоронения, что может нанести значительный ущерб среде обитания человека [1]. Поэтому актуальны исследования по улучшению геологического хранения радионуклидов.

Свойства глинистых минералов формировать барьер для радионуклидов во многом зависят от количества поглощенной воды. Величина и распределение абсорбированной воды между слоями глинистых минералов, толщина которой может изменяться от 8 до 28 Å, определяется расположением атомов кислорода на поверхности. Устойчивость слоя молекулярной воды обуславливается геометрическим соотношением

ем кислородных атомов или гидроксильных групп силикатного каркаса глинистого минерала.

Такие минералы, как иллит, вермикулит, успешно использовались при сорбции радионуклидов. Обменная емкость, характеризующая способность к реакциям обмена катионами, различна у различных глин и выражается количеством обменных катионов, содержащихся в 100 г сухого вещества [2]. Величина емкости катионного обмена для различных глинистых минералов, мг-экв/100 г: каолинит – 3-15, галлуазит $2\text{H}_2\text{O}$ – 5-10, галлуазит $4\text{H}_2\text{O}$ – 40-50, монтмориллонит – 80-150, иллит – 80-150 [3].

Абсорбция электролитов зависит от природы сорбента и вида ионов. Глинистые минералы имеют слоистую структуру, между которыми затягиваются молекулы воды и катионы. При сорбции ионов из растворов полярные микроучастки глины адсорбируют катионы, которые создают на внешней поверхности частиц глины двойной электрический слой. Для катионов существует так называемый ряд Гофмейстера [2], в котором катион может вытеснить при адсорбции все ионы, находящиеся правее: $\text{H}^+ > \text{Al}^{3+} > \text{Ba}^{2+} > \text{Sr}^{2+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Cs}^+ > \text{Rb}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{K}^+ > \text{Na}^+ > \text{Li}^+$ [4]. Например, хотя ионы Li^+ и Na^+ , обладающие меньшим диаметром, большей гидратной оболочкой, хуже адсорбируются, чем ионы Rb^+ и Cs^+ .

Подробности моделирования

Моделирование методом молекулярной динамики (MD) может быть использовано для интерпретации результатов экспериментальных исследований, тестирования и совершенствования теоретических моделей. MD обеспечивает уникальный взгляд на интеркаляцию глинистых минералов и их поверхностную активность.

В работе приводятся результаты моделирования свойств иллита, в модели которой использована пространственная группа $C2/m$. Формулу элементарной ячейки иллита можно написать в виде $\text{KAl}_5\text{Si}_7\text{O}_{20}(\text{OH})_4$. Основные параметры ячеек в модели были получены из эмпирических моделей, введенных в работе [5]: $a = 0.523$ нм, $b = 0.908$ нм, значение $c = 2.04$ нм, $\alpha = \gamma = 90^\circ$, $\beta = 95.64^\circ$. Модель, использованная нами для расчетов, включала два слоя глинистого минерала, каждый из которых содержал $1 \times 2 \times 1$ элементарных ячеек ($\text{KAl}_5\text{Si}_7\text{O}_{20}(\text{OH})_4$).

В тетрагональном слое иллита атомы Al заменяют Si. Поэтому суммарный заряд слоя иллита составляет 1 e на одну элементарную ячейку. При этом молекулярный слой заряжен отрицательно, из-за чего к нему притягиваются катионы из межслоевого пространства.

На рис. 1(а) показана исходная структура расчетной ячейки. При выполнении расчетов обменные ионы располагали в середине межслой-

ного пространства, а молекулы воды располагали вокруг контрионов. Видно, что ионы Mg^{2+} и Ca^{2+} легче абсорбируются в меж слоевое пространство глины. Из четырех остальных ионов Cs^+ и K^+ хуже сорбируются глиной.

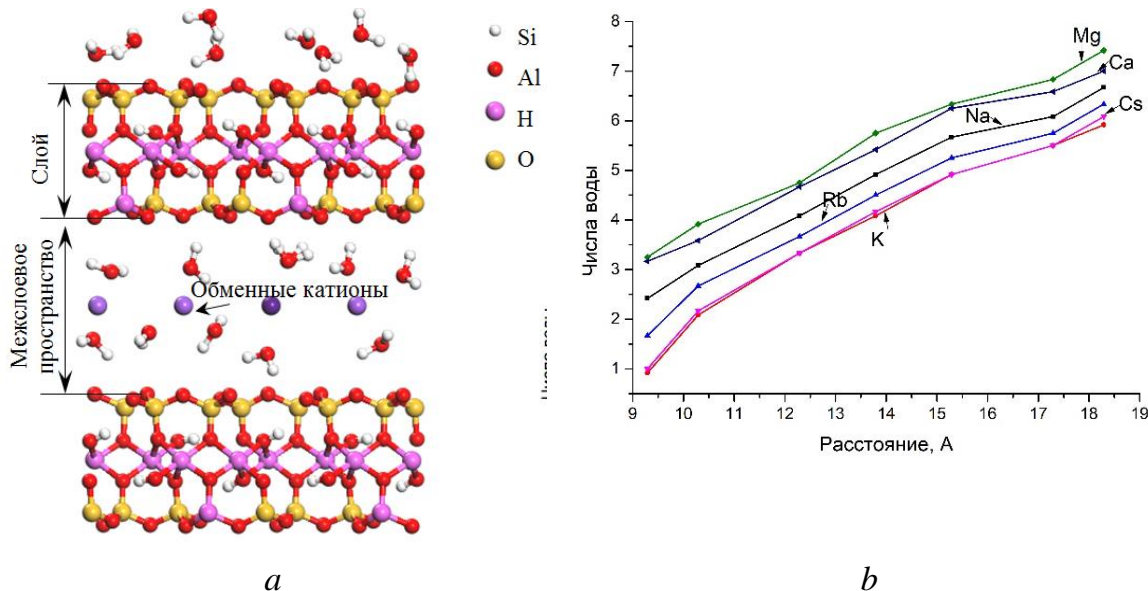


Рисунок 1. а - исходная структура суперячейки;

б - изменение количества адсорбированных молекул воды по мере увеличения расстояния между слоями

Чем больше количество молекул воды находится в межслоевом пространстве глинистого минерала, тем больше толщина межслоевого пространства. Однако, предположение о том, что абсорбционная способность катионов в промежуточный слой минерала, содержащий молекулы воды, не зависит от размера ионов, нуждается в дополнительном подтверждении.

На втором этапе для моделирования методом MD использовали систему, содержащую $4 \times 3 \times 1$ ячеек. Первоначальная система составлена из ячеек, геометрия которых оптимизирована ранее. Ансамбль NVT (канонический ансамбль: количество частиц (N), объём (V) и температура (T) постоянны, и постоянный суммарный импульс) используется для получения траекторий частиц в оптимизированной системе с разрешением 500 пс. Каждые 500 шагов используются в качестве основы для получения и сохранения данных для анализа профилей концентрации, среднеквадратических сдвигов (MSD) и коэффициентов самодиффузии.

Моделировали распределение Cs^+ и Na^+ и воды в межслоевом пространстве глины. На рис. 2 показан профиль плотности каждой компоненты вдоль оси z, перпендикулярной слоям минерала.

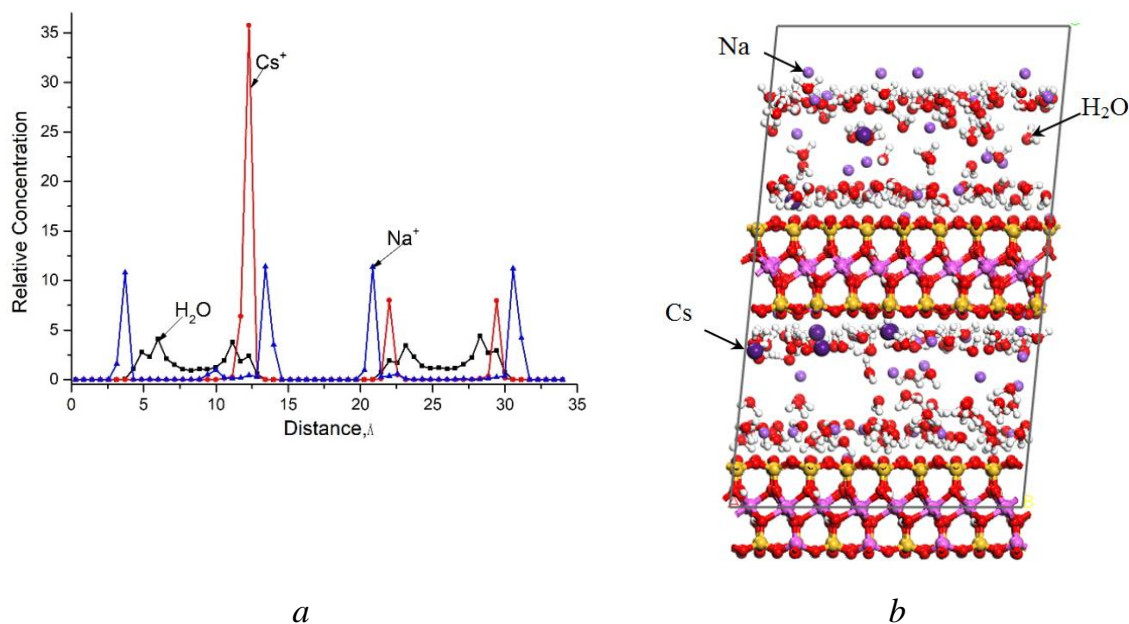


Рисунок 2. Моделирование молекулярной динамики прогнозирование профилей средней плотности воды и ионов как функции расстояния в направлении, нормальном к поверхности глинистого минерала (a), a (b) – структурная схема расчетной ячейки

Из рис. 2 видно, что для всех трех частиц профили концентраций имеют два пика на разных расстояниях от поверхности слоя глинистого минерала. Например, для Иллита максимумы концентрации находятся на расстояниях $z = 3.65 \pm 0.28 \text{ \AA}$ и $z = 12.27 \pm 0.18 \text{ \AA}$. Очевидно, что Cs⁺, Na⁺ и молекулы воды притягиваются к поверхности слоя глинистого минерала в местах распределения отрицательного заряда. В распределении концентрации, в направлении, перпендикулярном слоям, видно четкое расслоение, что согласуется с данными работы [6]. По данным этой работы при межслоевом расстоянии около 12.5 Å молекулы воды будут разделены на два слоя. При этом Na⁺ с меньшим ионным радиусом находится ближе к поверхности слоя глинистого минерала и может преимущественно находиться в середине шестиугольной структуры, включающей атомы кислорода на поверхности глины.

Выводы

1. Результаты моделирования показывают, что в межслоевом пространстве глины наблюдается объединение молекул воды в две плоские области, что облегчает абсорбцию катионов в глину.
2. При равном межслоевом расстоянии глины, содержащей двухзарядные ионы (Mg²⁺, Ca²⁺), в ней содержится больше молекул воды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Мокров Ю.Г. Алексахин А.И. Мониторинг – основа обеспечения безопасности при выполнении работ по консервации водоёма Карачай // Радиоактивные отходы. – 2018. – № 3(4). – С. 60–68.
2. Galabutskaya, E.A. Clay-water system: a manual on a special course of ceramics technology for students of the Faculty of Chemical Technology / E.A. Galabut. - Lviv: Lviv Polytechnic Institute, 1962. - 212 p.
3. Ralph E Grim, Clay mineralogy // Graw-Hill Series in Geology: McGraw-Hill, 1953. - 384 p.
4. Allen, Nicholas, "Cation Adsorption and Exchange at the Mineral-Water Interface: The Role of Hydration and Hydrolysis." Thesis, Georgia State University, 2017.
5. Wyckoff. Crystal Structures. 2nd edition, vol. 4. Miscellaneous Inorganic Compounds, Silicates, and Basic Structural Information. Chichester and New York (Wiley: Interscience), 1968. - 566 p.
6. Zhang, X., Yi, H., Zhao, Y., Min, F., & Song, S. (2016). Study on the differences of Na- and Ca-montmorillonites in crystalline swelling regime through molecular dynamics simulation // Advanced Powder Technology, 27(2), P 779–785.

Гомес Корредор Давид Умберто (Колумбия)

Волгоградский государственный технический университет, Волгоград

Научный руководитель: Ионкина Елена Сергеевна, к.п.н, доцент

ПРЕДЛОЖЕНИЕ ПО ВНЕДРЕНИЮ КАЧЕСТВЕННЫХ ИНСТРУМЕНТОВ В НЕПРЕРЫВНОМ СОВЕРШЕНСТВОВАНИИ ПРОЦЕССА ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ УСТРОЙСТВ

ABSTRACT - This article presents a proposal to greatly reduce the level of defects in a production line of a company whose main sector is manufacturing, mainly resorting to the discipline of quality engineering in terms of the application of statistical tools of control; addressing the field of telecommunications by means of a practical example of production process and assembly of radio frequency transmitters.

I. ВВЕДЕНИЕ

В статье раскрываются проблемы, которые очень часто возникают в сфере производства, в связи с получением продуктов с характери-

ками, несоответствующими определенным стандартам качества. Отсутствие контроля над этим процессом может привести к невостребованности получаемой продукции и, как следствие, к финансовым, кадровым и сырьевым кризисам производства.

Нами рассматривается процесс изготовления телекоммуникационных устройств. Возникает вопрос: что делать, когда процесс выходит из-под контроля? Предлагаемые инструменты дают возможность контролировать процесс управления качеством. Проблемы, вызываемые неправильным управлением качеством, могут успешно решаться с помощью алгоритмов, в основном статистических, которые при математической поддержке обеспечивают гораздо более высокий уровень безопасности, чем субъективные оценки.

II. ИНЖЕНЕРИЯ КАЧЕСТВА В ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССАХ

Компании, работающие в производственной сфере, всегда подвержены всевозможным ошибкам и сбоям: будь то человеческая природа, машины, с которыми они работают или внешние факторы, такие как погода. Однако есть алгоритмы, позволяющие контролировать все эти ситуации по принципу постоянного улучшения. Ниже представлено решение, состоящее из ряда шагов, которые необходимо выполнять для постоянного контроля и измерения этих событий. Для облегчения понимания процедура, которую необходимо выполнить, представлена на практическом примере.

Таблица 1

Соотношение пропорций дефекта

Пропорции средние		
Tipo de defecto	Сред.	Приоритет
Объем вне спецификации	8,29%	5
Устаревший вес	20,57%	1
Функциональность экстренного вызова	4,29%	7
Растрескивание	9,57%	4
Неисправные динамики	9,43%	2
Неисправный экран	11,00%	3
Аномалии смены канала	7,86%	6

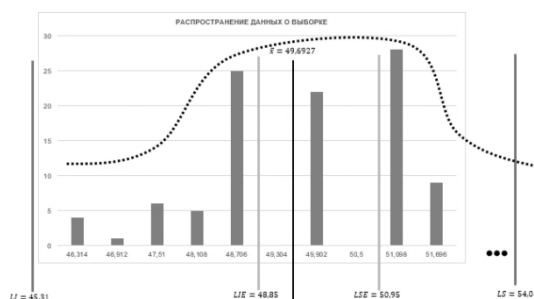
А. Сбор данных: на этом этапе процесса рекомендуется обратиться к контрольным листам [1] [2]. Запрашиваются исторические данные о производстве, касающиеся различных производственных переменных, задействованных в процессе, в соответствии с ознакомительным периодом исследования. Пример показан в Таблице I, в которой рассмотрен

портативный передатчик Ref: Xf-500 и изучены наблюдаемые характеристики качества.

Б. Частотное распределение исторических данных (гистограмма) для признака «устаревший вес». Выбирается образец исторических производственных данных. Как правило, рекомендуется, чтобы образцов было не меньше тридцати, поскольку в таком случае можно утверждать, что моделируется поведение всей партии. В рассматриваемом примере было выбрано по одному образцу из 100 различных пакетов (в соответствии с количеством партий). Таким образом обеспечивается сгруппированность образцов по партиям, что упрощает последующее применения контрольных диаграмм.

График I

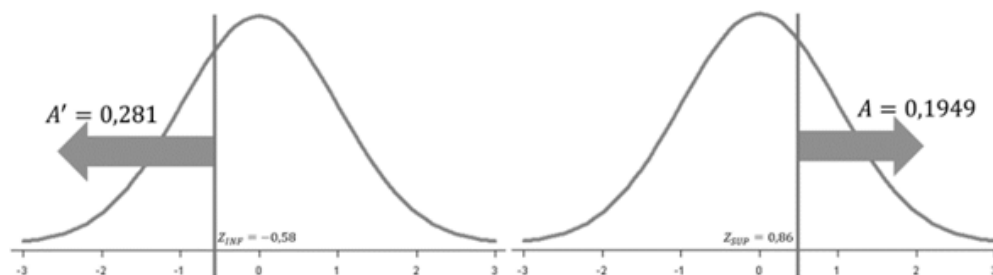
Гистограмма частот выборки данных весов модуля приемника



Анализ: рассматривая график I, можно сделать вывод, что распределение данных (веса приемника) довольно нестабильно и не соответствует нормальному распределению гауссовского колокола естественным образом. Это означает, что процесс выходит из-под контроля для показателя веса. В то же время это соответствует расчету показателей эксцесса (2,2547) и асимметрии (-0,4229).

График II

Вероятность получения приемного модуля с массой вне заданных пределов в выборке 100 шт



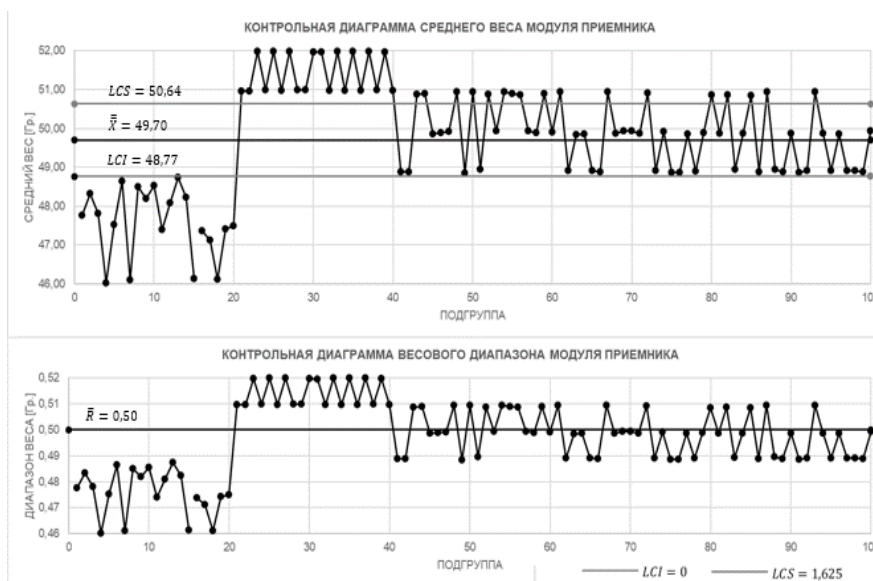
В. Анализ вероятности: удобно использовать лимиты, установленные компанией (заданный нижний предел (LIE) и заданный верхний предел (LSE), которые отражают реальную потребность компании [3]).

Учитывая данные шага Б., понятно, что, хотя показания не соответствуют нормальному типу распределения данных, это связано не с характером процесса, а с отсутствием должного контроля внутри бизнеса. Это возможно исправить, учитывая, что теория построения гистограммы основана на нормальном распределении, и поэтому вычисления для этого были сделаны при тех же предположениях (график I) [4]. Вывод: существует 28,1% вероятности получения неисправного модуля приемника, вес которого меньше нижнего предела (48,85 гр.) и 19,49% вероятности получения неисправного модуля выше указанного верхнего предела (50,95 гр.) (см. график II).

Г. Контрольные диаграммы. На этом этапе рассматривается восемь (8) контрольных диаграмм для выполнения анализа каждой из критических переменных (анализируется только характеристика отстающего веса). В каждом случае необходимо выбирать наиболее подходящую карту [5], то есть карту $\bar{X} - R$ (для этой характеристики), потому что она применяется к массовым процессам и позволяет обнаруживать важные изменения в производственном процессе. После проведения расчетов можно построить график III, на основе которого находится значение индексов нестабильности для средних значений веса модуля приемника (57%) и диапазонов веса модуля приемника (0%).

График III

Контрольная диаграмма X-R для средних значений и диапазонов веса



III. ВЫВОДЫ

При выполнении процесса сбора данных с помощью контрольных листов можно заметить, что существует постоянный уровень несовершенства в отношении смещенной по фазе переменной веса. Это означает, что все эти приемные модули (часть датчика), которые обозначают вес, выходят за пределы диапазона $[49,90 \pm 1,05]$ гр. (диапазон, установленный рабочими директивами компании).

Выполняя анализ статистики распределения данных, мы получаем: эксцесс 2,2547, который, будучи меньше 3, обозначает платикуртическое распределение. Аналогично, асимметрия -0,4229 меньше нуля указывает на то, что данные не совпадают по фазе справа от среднего арифметического, которое служит «осью симметрии» частотного графика. При анализе вероятностей было установлено, что существует 28,1% вероятности получения неисправного модуля приемника для устаревшего веса меньше указанного нижнего предела выборки из 100 случайно выбранных единиц производственной партии, а также существует 19,49% вероятность получения дефектного модуля выше указанного верхнего предела веса.

Примечание: В случае веса предполагается, что распределение вероятностей является нормальным, поскольку размер выборки в обоих случаях равен 100, что делает это приближение возможным.

Выводы по показателям нестабильности: В случае песо эти значения составили: 57% в случае средних значений веса и 0% в случае изменения диапазонов между ними. Принимая во внимание последнее значение, можно предположить, что нет никакого отсутствия контроля в отношении диапазона веса образцов, взятых в разное время. Это связано с тем, что при сравнении всех полученных диапазонов они не слишком сильно отличаются друг от друга, фактически, все они находятся в пределах диапазона $[0.52 ; 0.46]$. Таким образом, можно утверждать, что существует большой контроль над процессом от разработки модуля до его окончательной сборки, поскольку потери веса не очень значительны. Предложенный в статье инструмент позволит совершенствовать производство.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. G. P. Yadira (2016). Diagrama de Pareto. Учебные сессии по качеству. Universidad Militar Nueva granada (Военный университет Новой Гранады). Богота, Колумбия.

2. G. P. Yadira (2016). Herramientas de monitoreo y diagnóstico. Учебные сессии по качеству. Universidad Militar Nueva granada (Военный университет Новой Гранады). Богота, Колумбия.
3. Q. Alicia., G. Liliana (2010). Diseño y performance de la carta de control Cusum Weibull bilateral para individuales. в: Аргентинско-бразильское региональное совещание по исследованию операций (II, 2010 г., Тандил, Аргентина).
4. S. Priya Ranjan (2003). A Study of Properties and Applications of Control Charts for High Yield Processes, докторская диссертация, Сингапур, Национальный университет Сингапура, факультет промышленной и системной инженерии, 2003 г., 240 стр. [В сети]. Доступно в:
5. <http://scholarbank.nus.edu.sg/bitstream/handle/10635/14197/SharmaPR.pdf?sequence=1> [Дата консультации: 23 сентября 2013 г.].
6. L. Kevin, M. Kathleen, A. John (2005). Интегрированный системный подход к управлению процессами и обслуживанию. Европейский журнал операционных исследований, том 164 (номер 2), 2005 г. [В сети]. Доступно в: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0377221704000219> #[дата консультации: 10 марта 2014 г.]

Далфи Моамел Абдулриджа

Пермский национальный исследовательский университет, г. Пермь

Научный руководитель: Поплыгин Владимир Валерьевич, к. т. н, доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ГЕОЛОГИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ ЗАЛЕГАНИЯ ЗАЛЕЖЕЙ НЕФТИ В ИРАКЕ

Ирак является одним из основных мировых поставщиков нефти, его запасы оцениваются в 143,1 миллиарда баррелей, а Ирак занимает четвертое место в списке нефтяных стран по объемам запасов нефти.

Ключевые слова: Нефтяные залежи представляют, Масляные бассейны, сходящиеся границы, сборки образуются на краях, районах расходящихся окраин.

Введение:

Нефтяные залежи представляют собой углеводородные материалы, образованные из останков растений и животных, сохранившихся в осадочных породах. Процесс формирования нефтяных скоплений требует

соответствующей геологической среды, представленной наличием осадочного бассейна со следующими характеристиками:

(1) Он должен содержать (материнские породы), которые представляют собой породы, содержащие органическое вещество в процентном отношении не менее (15%), и (породы-коллекторы), которые имеют высокую пористость и проницаемость, а затем (покрывающие породы), которые являются непроницаемыми, чтобы предотвратить утечку нефти из пород-резервуаров.

(2) Он должен быть полузакрытым и иметь высокую скорость осаждения, чтобы обеспечить восстановительную среду, предотвращающую разложение органических веществ.

(3) Непрерывно увеличивать его глубину для образования толстой осадочной колонны, которая работает на сжатие нижних отложений и повышение их температуры, чтобы созреть органические материалы и превращать их в нефть и газ, поскольку органическим материалам требуется температура в диапазоне от (50) до (150) градусов Цельсия, чтобы превратиться в нефть и газ.

(4) Подвергаться воздействию боковых или вертикальных сил, которые приводят к искажению стратиграфической последовательности в ней и образованию вторичных геологических структур (складок, трещин и солевых структур), работающих для улавливания нефти. На рисунке (1) показаны некоторые распространенные типы нефтяного промысла.

Все вышеперечисленные характеристики не могут быть сформированы без достаточного времени, которое оценивается в миллионы лет, так как увеличение геологического времени приводит к постепенному изменению химического состава органических материалов и их превращению в нефть и газ.

Цель этой главы - дать простое представление о роли тектоники плит в понимании природы образования нефтяных залежей в геологических условиях, упомянутых выше.

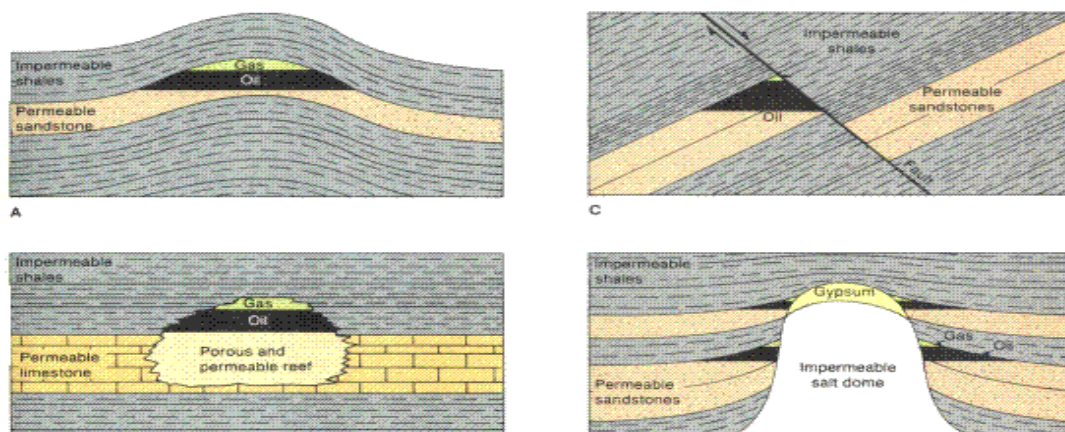


Рисунок 1. Роль вторичных геологических структур (трещин, складок и солевых структур) в формировании хороших нефтяных ловушек (Montgomery, 1997)

Масляные бассейны и края посуды:

Возможно, что наличие этих группировок связано с типом ободков между пластинами, которые бывают двух типов: сходящиеся кромки и расходящиеся кромки.

Во-первых, (сходящиеся границы):

Области, образовавшиеся в результате сближения двух плит друг с другом, представляют собой очень подходящую среду для образования залежей нефти, и эти среды бывают трех типов в зависимости от качества двух соседних плит. Существуют среды, возникающие в результате схождения двух океанических плит, среды, возникающие в результате схождения океанической плиты с другой континентальной плитой, и среды, возникающие в результате схождения двух континентальных плит.

Первая и вторая среды — это две горитовые среды, в которых океаническая плита погружается ниже континентальной плиты или ниже другой океанической плиты. В этих двух средах образуются узкие и глубокие морские желоба, а также серия островных дуг (рис. 2). И желоба, и арочные острова параллельны краям двух сталкивающихся плит, образуя окраинные моря или узкие продольные бассейны, известные как осадочные бассейны, которые когда-то назывались геосинклиналями.

Стоит отметить, что масло, образовавшееся в зонах столкновения, особенно в зонах Горрана, намного больше, чем масло, образовавшееся в расходящихся краях, особенно в краях столкновения, и причина этого связана с двумя факторами: первый — это влияние температуры, кото-

рое в зонах столкновения больше, чем в регионах. Дивергенция, поскольку зоны субдукции ответственны за внутреннее извержение

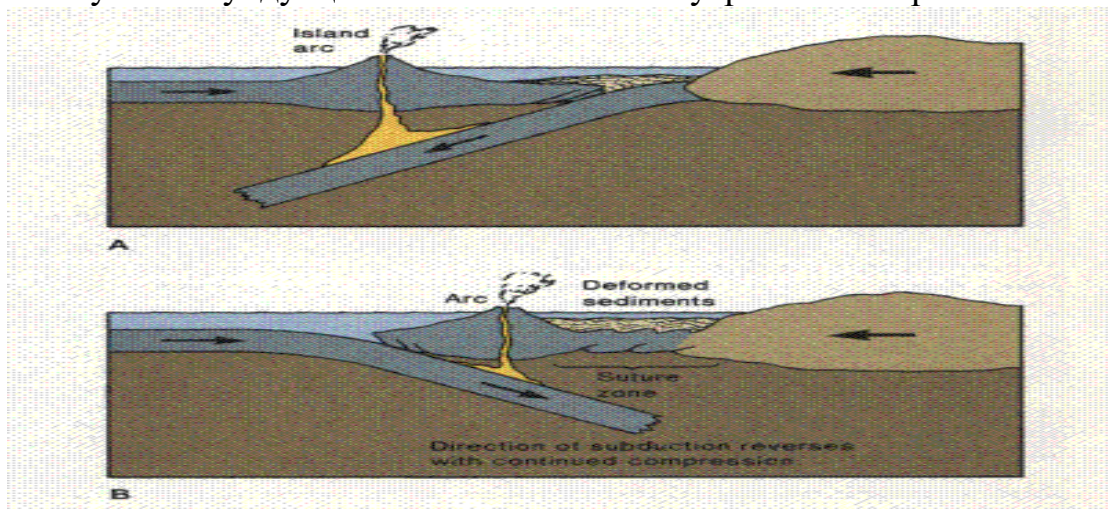


Рисунок 2. Как углеводородные сборки образуются в областях асимптотических пластин

На рисунке (B) шовная лента присутствует (Suture Zone), которая представляет собой часть океанической коры, которая подвергается процессу искажения (Montgomery, 1997).

Как углеводородные сборки образуются на краях асимптотических пластин:

Каждая из траншей и цепей арочных островов способствует созданию подходящей среды для образования нефтяных залежей по следующим причинам:

(1) Эти траншеи и острова действуют как барьеры, удерживающие отложения и органическое вещество, поступающие с континентов и океанических бассейнов.

(2) Форма желобов и небольших краевых бассейнов помогает определить циркуляцию океанической воды и, таким образом, снижает количество кислорода в этих бассейнах и создает подходящую восстановительную среду для сохранения органического вещества.

(3) Высокие температуры в этих бассейнах в результате их близости к источникам пожаров приводят к более быстрому созреванию органических материалов и их превращению в углеводороды.

(4) Траншеи и небольшие бассейны - хорошие районы для сбора наносов, которые часто подвергаются модификациям из-за тектонических сил, связанных с их образованием, что приводит к наличию геологических структур, которые являются хорошими ловушками и резервуарами нефти.

Исходя из этого, эти полузамкнутые краевые бассейны, ограниченные арочными островами и морскими желобами, являются одними из самых важных мест сбора нефти в мире, примерами которых являются острова Японии, Филиппин и Индонезии, поскольку эти острова делят океанский бассейн на несколько небольших бассейнов, ограниченных этими островами. И континенты. Эти бассейны включают, например, Японское море, Желтое море, Восточно-Китайское море, Южно-Китайское море и другие.

Третья среда, возникающая в результате сближения двух континентальных плит, возникает, когда расстояние между двумя плитами невелико, а это означает, что возникающий бассейн представляет собой узкий бассейн, который уменьшает свободное движение воды, а также собирает осадки и органические отложения и, таким образом, формирует подходящую среду для сбора углеводородов. При продолжении сближения двух плит образуются силы давления, которые приводят к возникновению процессов деформации, а вторичные геологические структуры (трещины и складки) представляют собой хорошие нефтесборники.

Во-вторых, (расходящиеся границы):

Процесс распространения морского дна на расходящиеся окраины участвует в создании осадочных сред, подходящих для нефтяных залежей на ранних стадиях процесса открытости, который включает разделение континентальной массы на две плиты и их перемещение друг от друга, а также извержение материалов земных облаков, формирующих новую среду между ними. Две части континента действуют как барьеры, ограничивающие циркуляцию морской воды, что помогает сохранить органическое вещество. Если процесс испарения больше, чем процесс приготовления, толстые слои соли откладываются внутри осадочного бассейна. По мере того как процесс раскрытия продолжается, соли и органические вещества отодвигаются в стороны и погружаются под свежие отложения. Этот процесс способствует образованию нефти, поскольку солевые слои образуют проницаемые или непроницаемые куполообразные тела, которые действуют как ловушки для нефтяных залежей (Рисунок 1, Рисунок D).

Этапы развития осадочных бассейнов в районах расходящихся окраин

Расходящиеся хребты могут образовывать рифтовые бассейны на континентах, не превращаясь в океанический бассейн. Они возникают, когда расходящиеся силы недостаточны для завершения процесса раскрытия. Примеров тому множество, в том числе Пальмирский рифт в центральной Сирии, который является уникальным примером интраконтинентального рифта.

тонного рифта. По некоторым оценкам, истоки этого коллапса восходят к раннему палеозою. Но реальный коллапс начался с началом триасового периода, когда образовалось море обрушения внутри Гондванского континента. Породы нижнего триаса - известняковые, преобразованные в середине в карбонатные, со слоями раковин, покрытых толстыми слоями соли и ангидратов, толщина которых в некоторых местах превышала тысячу метров, которые позже будут представлять собой породы-коллекторы. Энергии было недостаточно, чтобы продолжить расширение и открытость, но тепло, исходящее из глубин, способствовало созреванию органического вещества в палеозойских и мезозойских породах, которые представляют собой материнские породы, генерирующие углеводороды. Натиск Арабской плиты с юго-запада на северо-восток в результате открытия Красного моря, который продолжался почти (35 миллионов лет) до сих пор, в дополнение к движению Турецкой плиты с севера на юг, способствовал складыванию деструктивного осадочного чехла и формированию того, что сейчас известно как Пальмирский пояс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аль-Амири, Тамер Хазал, 1989: (Основы древней среды обитания). Министерство высшего образования и научных исследований, Университет Салах ад-Дин, Ирак, 329 страниц.
2. Махфуд, Мухаммад, 2002: (Нефть на континенте Гондвана). *Geosciences Journal*, № 22, Публикации Сирийского геологического общества в сотрудничестве с Главным управлением дистанционного зондирования и Сирийской нефтяной компанией, стр. 18–23
3. Аль-Мусави, Сабах Наджи и Хусейн Хамид Карим, 1991: (Введение в морскую геологию). Публикации Университета Басры, Центр морских наук, Ирак, 647 страниц.

Джамил Джалил Садун (Ирак)

Южный федеральный университет, г. Таганрог

Научный руководитель: Федосов Валентин Петрович,
д.т.н., профессор

ПЕРЕДАЧА ИНФОРМАЦИИ НА ОСНОВЕ КАНАЛА MIMO-OFDM 3D WiMAX С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДАПТИВНОГО АЛГОРИТМА

Вступление: В докладе предлагаются метод адаптивной пространственной фильтрации, который используется в 3D-беспроводных сетях на основе SISO и MIMO OFDM WiMAX, что позволяет улучшить производительность сети в случае многопутного канала с переотражениями от зданий. Благодаря своей передовой 2D экспериментальной схеме оценки канала во временной и частотной областях, WiMAX является более надежным для высоких скоростей мобильной станции [1]. Модель 3D-канала, которая учитывает углы места и азимута, используется для точного определения эффективности методов множественных входа и выхода (MIMO) и однократных входа и выхода канала (SISO) в сети WiMAX [2]. Модели канала связи и 3D-модели излучения и приема используются в условиях плотной застройки местности для базовой станции (BS) и антенных решеток для пользовательского оборудования (UE) [3]. Адаптивная система непрерывной пространственной фильтрации обеспечивает выбор одного пути с максимальной мощностью сигнала в беспроводной среде распространения, демонстрируя существенное снижение вероятности битовой ошибки по сравнению с системами без адаптации [4].

Алгоритм адаптивной обработки сигналов: Адаптивный блок-схема для системы MIMO в приемнике показано на рис. 1. Для системы SISO адаптивный блок будет аналогичен адаптивному блоку в системе MIMO, за исключением нет пространственно-временного декодера и будет один блок адаптации [5]. Приемная антенная решетка в адаптивной системе обработки является антенной решеткой (AR), состоящим из N элементов, которые образуют адаптивные вычислительные узлы на основе оценки пространственной корреляционной матрицы, ее собственных чисел и собственных векторов. Текущая адаптивная характеристика формируется не только путем формирования максимума в направлении пути с наибольшей мощностью, но также путем формирования нулей в направлении остальных путей [6]. Количество элементов AR в блоке ограничено количеством независимых потоков, которые должны быть получены после адаптации, а количество элементов AR в

блоке ограничено количеством путей. [7]. Кроме того, ширина полученных характеристик направленности зависит от количества элементов в блоке AP.

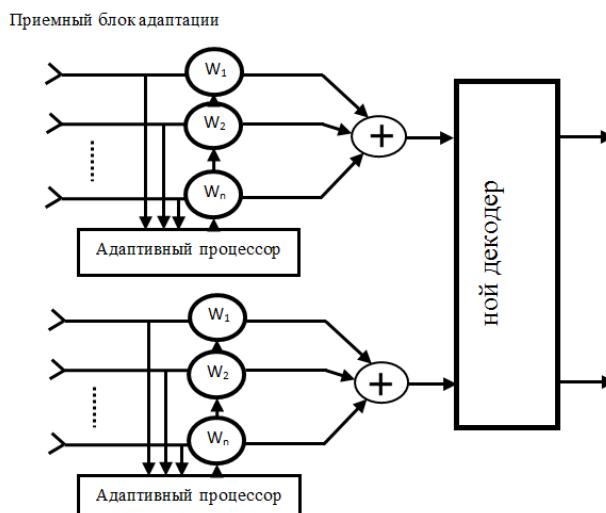


Рисунок 1. Структурная схема блока адаптивной обработки

Системная Модель: Для точной оценки производительности систем SISO и MIMO в WiMAX проводится адаптивная модель 3D-канала на основе антенных массивов, которая учитывает углы места и азимута приходящих в раскрыв приемной AP путей. Адаптивная обработка сигнала может быть распространена как на AP приемной системы, так и на передающую антенную систему. Реализация модели 3D-каналов учитывает текущую во времени оценку направления прихода путей сигнала на основе использования собственных векторов в качестве весовых для формирования характеристики направленности AP в каждом UE, которое приводит как к снижению вероятности битовой ошибки, так и к повышению пропускной способности системы связи [2, 3].

Математически поведение многопутного канала можно описать импульсной характеристикой $h(t, \tau)$ [8].

$$h(t, \tau) = \sum_{n=1}^N a_n(t) \delta(\tau - \tau_n(t)),$$

где $a_n(t)$ – амплитуда изменяющегося во времени n-го пути, Задержка распространения, изменяющегося во времени n-го пути представлена $\tau_n(t)$, N – представляет количество путей.

Импульсная характеристика рассматриваемого канала 3D WiMAX будет иметь вид [9].

$$h(t, \tau) = h^{LOS}(t, \tau) + h^{RB}(t, \tau) + h^{RO}(t, \tau),$$

где $h^{LOS}(t, \tau)$ – составляющая, описывающая прямой путь; $h^{RB}(t, \tau)$ – составляющая описывает отражение от здания; $h^{RO}(t, \tau)$ – компонент описывает отражение от других объектов.

Результаты: Несущая частота 2,5 ГГц и полоса пропускания 20 МГц, которые обеспечивает умеренное затухание сигнала для выбранного диапазона беспроводной связи, использовались для каждой пары передающей и приемной антенн. Для параметров сигнала OFDM выбрано 1024 поднесущих. Предполагалось, что базовая станция занимает фиксированное положение, в то время как мобильная станция движется с постоянной скоростью. $V_{Ms} = 30$ Km/h Моделирование позволяет анализировать функционирование отдельных узлов системы по данным параметрам; В результате для двух видов модуляции, 16-QAM (a) и 8-PSK (b), мы получаем зависимости вероятности битовой ошибки (BER) с адаптацией и без нее от отношения сигнал / шум (SNR) в децибелах, показанные на рисунках. 2 и 3.

На рис. 2 и 3 показано, как увеличение скорости передачи для MIMO-системы приводит к некоторому снижению вероятности BER для SISO-системы из-за уменьшения отношения сигнал/шум, обусловленного многоканальностью приемной системы. Кроме того, сравнение графиков на рис. 2 и рис. 3 показывают, что BER изменяется по мере изменения порядка и формы модуляции в методе SISO. На рисунках показано, что использование алгоритма адаптации существенно снижает вероятность битовой ошибки в передаваемом сообщении как для SISO-, так и для MIMO-систем.

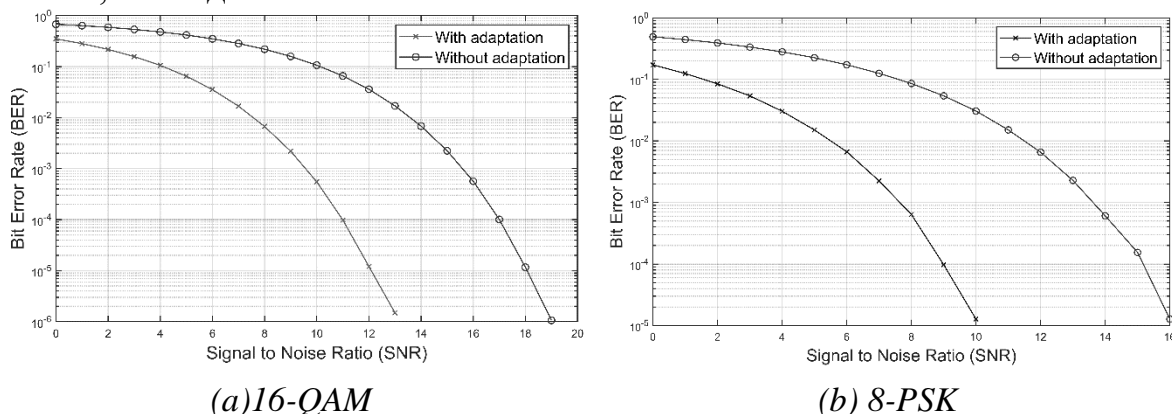
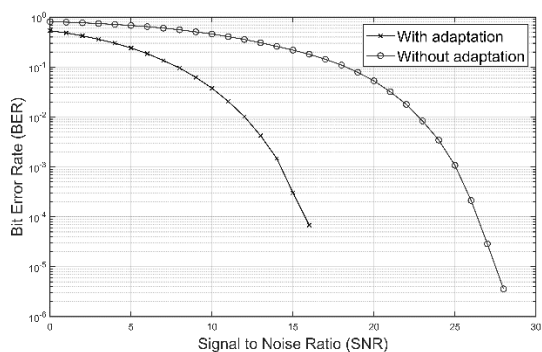
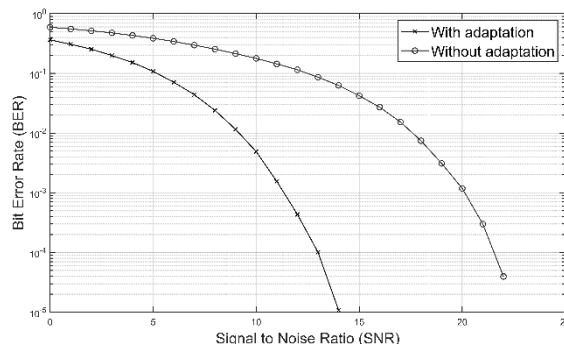


Рисунок 2. Вероятность битовой ошибки с адаптацией и без адаптации для системы SISO-OFDM



(a) 16-QAM



(b) 8-PSK

Рисунок 3. Вероятность битовой ошибки с адаптацией и без адаптации для системы MIMO-OFDM

В этой работе также исследована передача изображения в MIMO-OFDM-системе. Изображение имеет разрешение 445×432 пикселей и 8 бит глубины и представлено на рис. 4 для отношения SNR = 10 дБ и модуляции 8-PSK (а – исходное изображение; б – с адаптацией; в – без адаптации). Для количественной оценки влияния адаптации на качество передаваемого изображения была использована среднеквадратическая ошибка (MSE) для оценки ошибок при его передаче через 3D-канал WiMAX

$$MSE = \frac{1}{M \cdot N} \sum_{j=1}^M \sum_{k=1}^N (x_{j,k} - \hat{x}_{j,k})^2, \text{ где}$$

M и N являются размерами изображений в пикселях; x и \hat{x} – исходное изображение и полученное изображение соответственно.



а)



б) MSE = 0,0037



в) MSE = 0,1

Рисунок 4. Передача изображения по каналу связи с системой MIMO-OFDM для модуляции 8-PSK

Заключение: Представлен алгоритм моделирования 3D-беспроводной системы связи WiMAX. В результате для систем SISO и MIMO были получены зависимости вероятности битовой ошибки от от-

ношения сигнал/шум. Показано, что в результате пространственно-временной адаптации эффективность передачи информации существенно повышается. При этом снижается вероятность битовой ошибки (BER) и среднеквадратическая ошибка (MSE) передачи изображения. Кроме того, при обработке сигналов в приемнике в условиях многопутного распространения сигнала использование адаптивных пространственно-временных алгоритмов положительно влияет на помехоустойчивость системы связи.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Fedosov, V., Lomakina, A., Legin, A., and Voronin, V.: 'Modeling of systems wireless data transmission based on antenna arrays in underwater acoustic channels', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Modeling of systems wireless data transmission based on antenna arrays in underwater acoustic channels' (International Society for Optics and Photonics, 2016, edn.), pp. 98720G
2. Almesaeed, R., Ameen, A.S., Doufexi, A., Dahnoun, N., and Nix, A.R.: 'A comparison study of 2D and 3D ITU channel model', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book A comparison study of 2D and 3D ITU channel model' (IEEE, 2013, edn.), pp. 1-7
3. Thota, J., Almesaeed, R., Doufexi, A., Armour, S., and Nix, A.R.: 'Infrastructure to vehicle throughput performance in LTE-A using 2D and 3D 3GPP/ITU channel models', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Infrastructure to vehicle throughput performance in LTE-A using 2D and 3D 3GPP/ITU channel models' (IEEE, 2015, edn.), pp. 1-5
4. Fedosov, V., Legin, A., and Lomakina, A.: 'Adaptive algorithm for wireless data transmission (including images) based on SISO system and OFDM technique', Serbian Journal of Electrical Engineering, 2018, 15, (3), pp. 353-364
5. Fedosov, V., Legin, A., and Lomakina, A.: 'Adaptive algorithm for data transmission in wireless channels based on MIMO—OFDM technique', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Adaptive algorithm for data transmission in wireless channels based on MIMO-OFDM technique' (IEEE, 2017, edn.), pp. 218-221
6. Ratynskii, M.: 'Adaptation and superresolution in antenna arrays', Radio i Svyaz', Moscow, 2003
7. Korowajczuk, L.: 'LTE, WiMAX and WLAN network design, optimization and performance analysis' (John Wiley & Sons, 2011. 2011)

8. Cho, Y.S., Kim, J., Yang, W.Y., and Kang, C.G.: 'MIMO-OFDM wireless communications with MATLAB' (John Wiley & Sons, 2010. 2010)
9. Fedosov, V., Lomakina, A., Legin, A., and Voronin, V.: 'Three-dimensional model of hydro acoustic channel for research MIMO systems', in Editor (Ed.)^(Eds.): 'Book Three-dimensional model of hydro acoustic channel for research MIMO systems' (International Society for Optics and Photonics, 2017, edn.), pp. 101860W.

Джасем Мохамед (Сирия)

Томский политехнический университет, г.Томск

Научный руководитель: Крауиньш Петр Янович,
д.т.н., профессор

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕДУКТОРОВ С БОЛЬШИМ ПЕРЕДАТОЧНЫМ ОТНОШЕНИЕМ ПО ВИДУ ДВИЖЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОГО ЗВЕНА

1. Введение

При проектировании механических приводов часто возникает потребность использования соосных зубчатых передач с большим передаточным отношением, с минимальными габаритами и весовыми параметрами [1].

В передачах с соосным расположением осей (3, 4, 5) между ведущим и ведомым валами расположено промежуточное звено (звенья). Вид движения промежуточного звена может в определенной степени характеризовать передаточное отношение передачи, конструктивные, технологические и эксплуатационные параметры передачи, что определяет преимущества одних групп передач перед другими, определяя этим направление их исследования [2].

2. Конструктивные особенности передач

В зависимости от вида движения промежуточного звена (звеньев) передачи могут быть разделены на несколько групп.

2.1. Передачи, в которых промежуточное звено совершает вращательное движение вокруг неподвижной или вращающейся оси. К таким передачам относятся одноступенчатые планетарные передачи. Вращение от солнечного зубчатого колеса 1 с наружным венцом (число зубьев – Z_1) передается на промежуточное звено (сателлит) 2 (число зубьев – Z_2).

При неподвижной оси промежуточного звена (рис. 1а) вращение передается на ведомое колесо 3 (число зубьев – Z_3) с внутренним венцом. Передаточное отношение в этом случае

$$i_{13} = Z_3 / Z_1 \quad (1)$$

При неподвижном колесе 3 и вращающемся вместе с ярмом сателлитом передаточное отношение передачи (рис. 1б)

$$i_{12} = 1 + Z_3 / Z_1 \quad (2)$$

Мах передаточное число одной ступени – до 10-12 [2]. Увеличение i возможно:

за счет увеличения Z_3 (растут габариты, вес);

за счет уменьшения Z_1 , что требует коррекции зацепления.

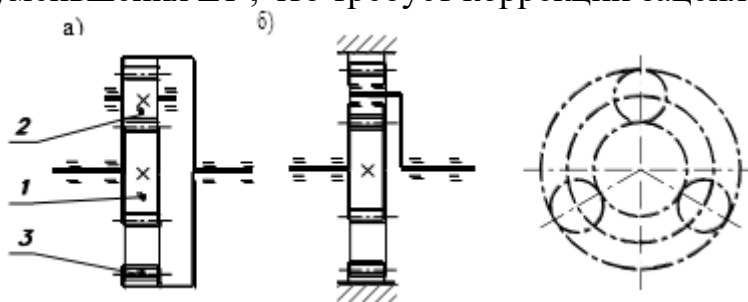


Рисунок 1. Схема соосной передачи, выполненной как передачи:
а) с промежуточным звеном 2; б) планетарной

2.2. Передачи, в которых промежуточное звено совершает относительно неподвижного звена возвратно-поступательное движение. К таким передачам относятся плунжерные, роликовые эксцентриковые, шариковые передачи (рис. 2). На вращающемся эксцентриковом валу 1 установлено цилиндрическое кольцо 2. Промежуточные звенья 3 в виде роликов расположены в радиальных прорезах неподвижного корпуса 4 и взаимодействуют с цилиндрическим кольцом 2 и с внутренним зубчатым венцом колеса 5, которое связано с ведомым валом передачи.

Передаточное отношение таких передач

$$i = 1 / (1 - Z_5 / Z_3), \text{ где} \quad (3)$$

Z_5 и Z_3 - число зубьев внутреннего зубчатого венца центрального колеса 5 и число промежуточных звеньев 3 (роликов) соответственно.

Обычно принимают $Z_5 - Z_3 = 1$, что обеспечивает максимальное передаточное отношение передачи ($i_{Max} \approx 12 \div 20$).

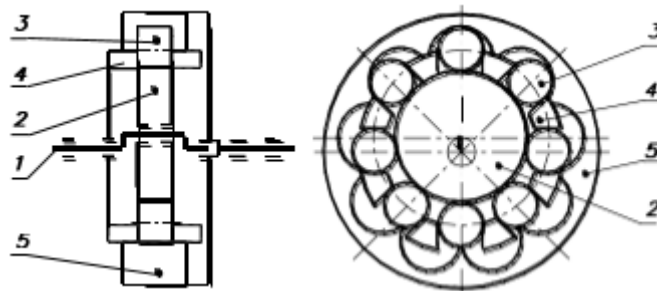


Рисунок 2. Схема соосной роликовой эксцентриковой передачи

2.3. Передачи, в которых промежуточное звено совершает плоскопараллельное движение. К таким передачам относятся эксцентриковые и цевочные передачи (рис. 3). Эти передачи подобны на группу передач 1.1.2, но промежуточное звено выполнено в виде колеса 2 с наружным зубчатым венцом. Венец колеса 2 взаимодействует с внутренним зубчатым венцом центрального колеса 3 и с выходным валом передачи. Колесо 2 выполнено с отверстиями, куда входят штыри 4, закрепленные на неподвижном корпусе 5.

Передаточное отношение таких передач

$$i = 1/(1 - Z_3/Z_2), \text{ где} \quad (4)$$

Z_3 и Z_2 - числа зубьев внутреннего зубчатого венца центрального колеса 3 и промежуточного звена - колеса 2 соответственно.

Обычно принимают $Z_3 - Z_2 = 1$, что обеспечивает максимальное передаточное отношение передачи ($i_{Max} \approx 12 \div 20$).

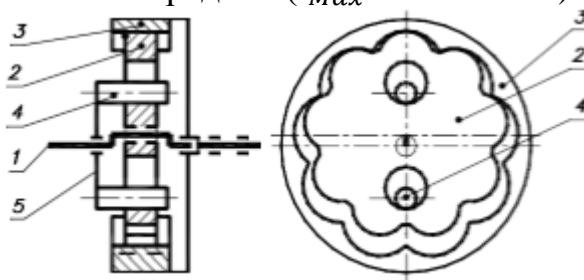


Рисунок 3. Схема соосной зубчатой эксцентриковой передачи

Передачи планетарные эксцентриковые (рис. 4), в которых на эксцентриковом валу 1 установлено промежуточное звено 2 - сателлит, один наружный венец 3 которого взаимодействует с неподвижным

внутренним венцом 4, а другой 5 – со связанным с выходным валом внутренним венцом 6.

Передаточное отношение таких передач

$$i = 1/[(1 - Z_5/Z_3)(1 - Z_5/Z_6)] \quad (5)$$

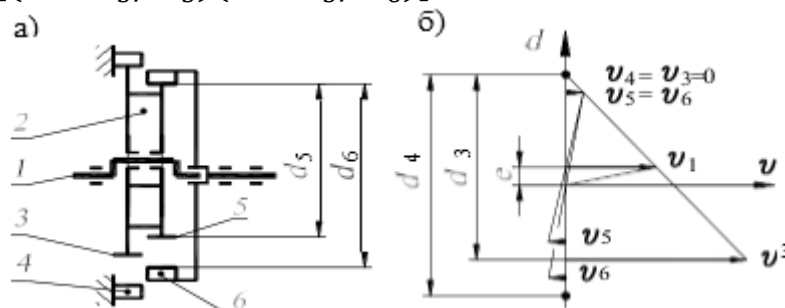


Рисунок 4. Планетарная эксцентриковая зубчатая передача:
а) схема передачи; б) план скоростей

Анализ планов скоростей эксцентрично размещенного сателита 2 и центрального колеса 4 (рис. 4) [1] показывает, что профилем центрального колеса 4, удовлетворяющим требованиям зацепления, является менее технологичный и соответственно дорогой циклоидальный профиль.

Передачи, в которых промежуточное звено совершает сферическое движение (рис. 5) [1]. К таким передачам относятся прецессионные передачи. Передачи этой группы имеют пространственную структуру.

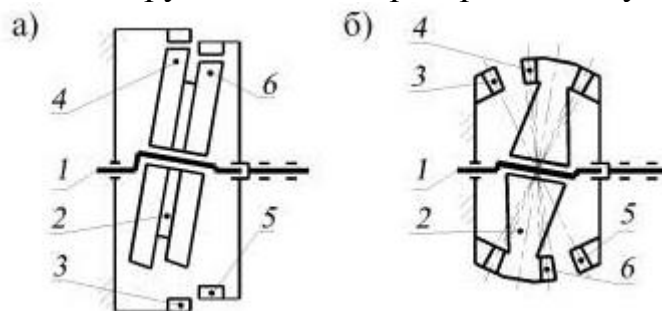


Рисунок 5. Схема соосной прецессионной передачи с зацеплением:
а) цилиндро-коническим; б) коническим

На эксцентрике входного вала 1 установлено промежуточное звено – зубчатое колесо с двойным венцом. Левый зубчатый венец 4 промежуточного звена входит в зацепление с неподвижным центральным зубчатым венцом внутреннего зацепления 3. Правый зубчатый венец 6 промежуточного звена входит в зацепление с подвижным центральным зубчатым венцом 5 внутреннего зацепления и с выходным валом.

Передаточное отношение таких передач

$$i = 1 / [(1 - Z_5 / Z_3)(1 - Z_4 / Z_6)] \quad (6)$$

где Z_3, Z_4, Z_5, Z_6 - число зубьев колес 3, 4, 5, 6.

3. Критерии анализа и оценка передач

Важнейшим критерием при анализе передач является стоимостной критерий, который характеризует массо-габаритные их показатели. Этот параметр зависит в первую очередь от размеров передач – от диаметров колес, определяемых числом зубьев (влияние модуля незначительно). Число зубьев для обеспечения минимальных габаритов должно быть по возможности меньшим, но с достижением больших передаточных отношений [3].

В наибольшей степени этому соответствуют передачи по схемам рис. 4 и рис. 5, которые позволяют получать передаточные отношения в десятки раз большие, чем передачи по другим схемам при тех же габаритах. Так при $Z_5 = Z_3$ или $Z_5 = Z_6$ передаточное число стремится к нулю.

Для схемы 4 при соотношении числа зубьев $[(Z_3 - Z_5) = 1; (Z_3 - Z_5) = 3; (Z \approx 30)]$ передаточное отношение достигает $i=300$. В редукторах по схеме 5, где нет таких ограничений по числу зубьев, передаточное отношение может достигать 1000. Таких передаточных отношений невозможно достигнуть ни одним из редукторов по схемам 1-3.

Вторым по важности критерием является эксплуатационный критерий, характеризующий потери мощности в зацеплении, что определяется направлением линейной скорости промежуточного звена ($v_{пр}$), и ее совпадением с направлением линейной скорости взаимодействующих элементов (v). Совпадение этих скоростей (отсутствие проскальзывания), их направление по касательной к окружностям колес, которое назовем идеальным ($v_{опт}$), определяет минимальные потери в передаче. Не выдерживают критики передачи по схемам рис. 2, где $v_{пр}$ и v перпендикулярны, что свидетельствует о проскальзывании элементов в передаче и больших потерях. Передачи по схеме рис. 4 также имеют низкий коэффициент полезного действия из-за внутренней замкнутой циркуляции мощности [4]. Остальные схемы имеют более высокий уровень оценки по этому критерию.

Необходимо учитывать также технологический фактор. Передачи по схемам рис. 2-4 требуют использования менее технологического циклоидального зацепления.

В связи с вышеизложенным, особое внимание следует уделить передачам по рис. 5, определяемым как планетарные прецессионные передачи (ППП).

4. Выводы

Из сравнительного анализа соосных зубчатых передач по виду движения промежуточного звена следует, что планетарные прецессионные передачи (ППП) передачи в наибольшей степени удовлетворяют требованиям получения большого передаточного отношения при минимальных габаритах и минимальных потерях в зацеплении.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Планетарные прецессионные передачи (ППП). Кинематический, силовой и технологический аспекты их создания. Под ред. А.Т. Скойбеды. Мн.: 2000. – 252 с.
2. Планетарные передачи. Справочник. Под ред. В.Н. Кудрявцева и Ю.Н. Кирдяшева. –Л.: Машино-строение, 1977.–462 с.
3. Джасем М. А., Крауиньш П. Я. Анализ напряженно- деформированного состояния под статической нагрузкой волнового торцевого кинематического редуктора // Вестник ИрГТУ. 2019. №5 (148).
4. Шевелева Г.И., Волков А.Э., Медведев В.И. Программное обеспечение производства конических и гипоидных зубчатых передач с круговыми зубьями. В: Техника машиностроения, 2001, № 2 (30), с. 40-51.

Дин Юйчунь (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Хасанов Олег Леонидович,
д. т. н., профессор

СИНТЕЗ И СПЕКТРАЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЛЮМИНОФОРА НА ОСНОВЕ ЛЮТЕЦИЙ-АЛЮМИНИЕВОГО ГРАНАТА

Введение. Алуминаты гранатов на основе редкоземельных элементов представляют собой группу многофункциональных керамических материалов. Благодаря их широкой запрещенной зоне, химической и термической стабильности, высокой прозрачности в широком спектральном диапазоне они эффективно применяются в белых светоизлучающих диодах (СИД), в качестве люминофоров для преобразования синего света в белый. К числу алуминатов граната относятся иттрий-алюминиевый гранат $Y_3Al_5O_{12}$ (YAG), лютеций-алюминиевый гранат $Lu_3Al_5O_{12}$ (LuAG), гадолиний-алюминиевый гранат $Gd_3Al_5O_{12}$

(GdAG). Люминесцентная керамика на основе YAG: Ce³⁺ демонстрирует чрезвычайно высокую эффективность люминесценции и короткое время затухания (десятки наносекунд). Это расширяет область практического применения такой керамики и делает потенциально возможным её использование в качестве сцинтиллятора в детекторах рентгеновского излучения. Однако, сцинтилляционный материал должен иметь высокую теоретическую и практическую плотность для обеспечения высокой тормозящей способности рентгеновского излучения. К сожалению, тормозящая способность YAG низкая, что обусловлено его относительно низкой плотностью (4,54 г/см³) [1].

Лютеций-алюминиевый гранат в этом смысле более привлекателен, чем YAG, поскольку лютеций (Lu) имеет больший атомный вес, чем иттрий (Y). Однако высокая стоимость лютеция и соединений на его основе делает LuAG-керамику дорогостоящей и затрудняет её широкое применение. Альтернативой LuAG-керамики, как может выступать GdAG, поскольку гадолиний (Gd) более доступен. Атомный вес Gd близок к Lu. За исключением того, что сила света и красный свет керамики GdAG не так хороши, как у LuAG. прозрачная керамика на основе GdAG:Ce³⁺ + может эффективно использоваться в качестве люминофора и конкурировать с YAG: Ce³⁺ в осветительных приборах.

Цель работы – контролировать содержание ионов гадолиния для увеличения силы света керамического порошка и увеличения доли красного света.

Экспериментальная часть.

Навеску исходных порошковых компонентов в заданных пропорциях смешивали в цилиндрической емкости и помещали в шаровую мельницу, добавляли этанол и перемешивали в течение 24 часов со скоростью 400 об./мин. Полученную смесь сушили на воздухе при 80 °С в течение 24 часов. Порошковые смеси измельчали и просеивали через сито 200 меш. Затем его спекают в муфельной печи при высокой температуре 1500 °С в течение 4 часов и непрерывно вводят водород для восстановления. После спекания агломерированный порошок измельчают.

Были подготовлены 4 порошковые смеси, массой не более 4 г. Компонентный состав смесей представлен в таблице 1.

Таблица 1

Состав порошковых смесей

Наименование	Lu ₂ O ₃ , г	Gd ₂ O ₃ , г	Al ₂ O ₃ , г	CeO ₂ , г	MnCO ₃ , г	SiO ₂ , г
1 LuAG:Ce:Mn	2.3397	-	0.9992	0.0413	0.0460	0.0240

2	66.7% (LuAG+33.3%Gd AG):Ce:Mn	1.5439	0.7250	0.9992	0.0413	0.0460	0.024 0
3	33.3% (LuAG+66.7%Gd AG):Ce:Mn	0.7481	1.45	0.9992	0.0413	0.0460	0.024 0
4	GdAG:Ce:Mn	-	2.1314	0.9992	0.0413	0.0460	0.024 0

В работе использовали ультрафиолетовую лампу (Gao Peng, ZF-6, Shanghai) для предварительной проверки флуоресцентного эффекта порошков.

Флуоресцентный спектрофотометр (Hitachi, F-7000, Япония) для измерения фотолюминесценции. Обработку полученных спектров проводили при помощи коммерческого программного обеспечения «Origin».

Результаты. На рисунке 1 представлено фото порошков, помещенных под ультрафиолетовую (УФ) лампу с длиной волны 365 нм, полученных в результате эксперимента. С увеличением концентрации Gd в образцах спектр свечения изменяется, а интенсивность уменьшается.

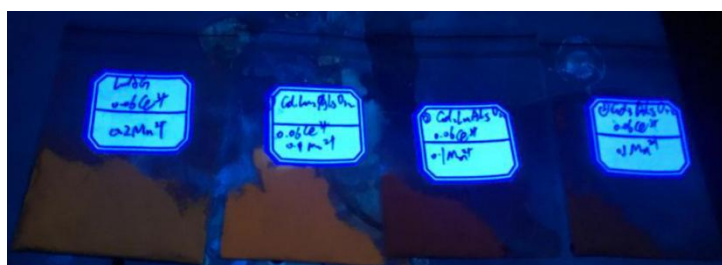


Рисунок 1. Фото синтезированных порошков LuAG(GdAG):Ce:Mn, помещенных под УФ-лампу

На рисунке 2 представлены спектры люминесценции синтезированных образцов. Видно, что с увеличением концентрации ионов Gd спектральная интенсивность образцов (66.7% (LuAG+33.3%GdAG):Ce:Mn и 33.3% (LuAG+66.7%GdAG):Ce:Mn) уменьшается. При полном замещении лютетия гадолинием интенсивность люминесценции уменьшается, а при частичном замещении наблюдается смещение наиболее интенсивного пика люминесценции в красную область.

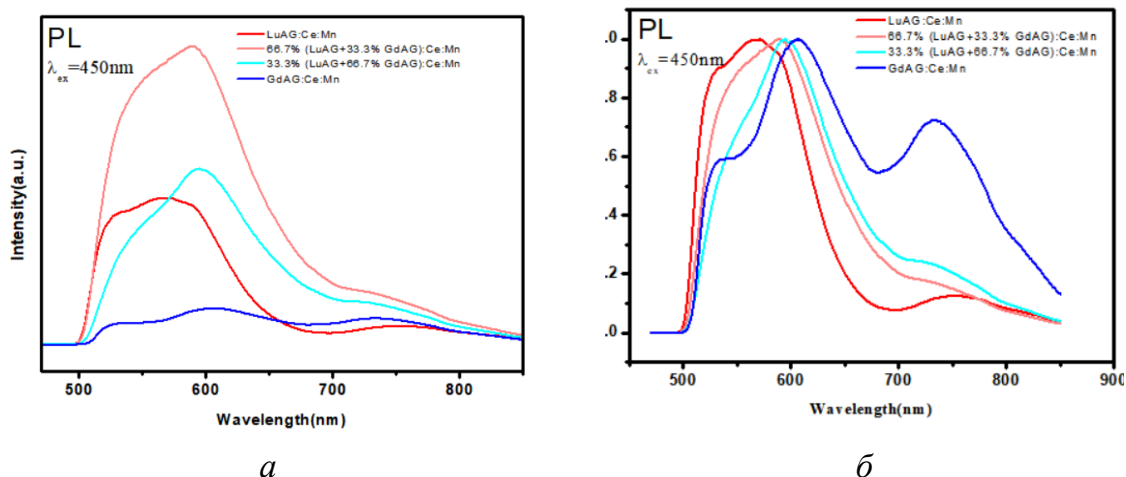


Рисунок 2. (а) Исходный спектр возбуждения
(б) Нормированный спектр возбуждения

Заключение. В представленной работе ионы Gd использовались для замены ионов Lu в LuAG. Установлено, что при полном замещении лютеция гадолинием интенсивность люминесценции уменьшается, а при частичном замещении - наблюдается смещение наиболее интенсивного пика люминесценции в красную область. Это позволяет регулировать красную компоненту света и изготавливать люминофоры с заданными цветовыми характеристиками.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li, Jinkai; Li, Ji-Guang; Liu, Shaohong; Li, Xiaodong; Sun, Xudong; Sakka, Yoshio. The development of Ce³⁺-activated (Gd,Lu)₃Al₅O₁₂ garnet solid solutions as efficient yellow-emitting phosphors. *Science and Technology of Advanced Materials*, 2013.14c.
2. Ji, Haipeng; Wang, Le; Molokeev, Maxim; Hirosaki, Naoto; Xie, Rong-Jun; Huang, Zhaohui; Xia, Zhiguo; ten Kate, Otmar Melvin; Liu, Lihong; Atuchin, Victor V. Structure evolution and photoluminescence of Lu₃(Al,Mg)₂(Al,Si)₃O₁₂:Ce³⁺ phosphors: New yellow-color converter for blue LED-driven solid state lighting. *J. Mater. Chem. C*, 2016.1-9c.
3. Yang, Jiayao; Han, Tao; Cao, Yangfei; Lang, Tianchun; Fang, Shuangqiang; Cao, Shixiu; Peng, Lingling; Liu, Bitao; Tian, Zhongqing; Gao, Wei. Photoluminescent transparent ceramics with an adjustable spectrum for high-color rendering laser lighting. *Journal of Materials Chemistry*, 2020.16483-16488c.
4. Zhao, C., Duan, Y., Lin, H., Zhang, D., Hong, R., Tao, C., Zhou, S. (2020). Synthesis and luminescence properties of color-tunable Ce, Mn

- co-doped LuAG transparent ceramics by sintering under atmospheric pressure. *Ceramics International*.2020.1-8c
5. Zhao Chenyao, Lin Hui, Zhang Dawei, et al. Effect of SiO₂ introduction on luminescence properties of LuAG:Mn²⁺ phosphors. 2020.

Ду Яфэн (Китай)

Томский политехнический университет, г.Томск

Научный руководитель: Божко Ирина Александровна,
к.ф.-м.н. доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЗАЩИТНЫХ ПОКРЫТИЙ СИСТЕМ Al-Si-N И Zr-Y-O, СФОРМИРОВАННЫХ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНОГО МАГНЕТРОННОГО ОСАЖДЕНИЯ

Введение

Данная работа посвящена описанию исследование физико-механических свойств защитных покрытий систем Al-Si-N и Zr-Y-O, сформированных в условиях импульсного магнетронного осаждения.

Цель работы заключается в выявлении установления закономерности влияния микротвердости образцов стекла К-208 с защитными покрытиями Al-Si-N и Zr-Y-O на их стойкость к ударному воздействию высокоскоростных твердых микрочастиц Fe.

Объектом исследования в данной работе выступали защитные покрытия систем Al-Si-N и Zr-Y-O, которые были получены методом импульсного магнетронного осаждения с помощью вакуумной установки УВН-05МД «КВАНТ» [1].

Экспериментальная часть

Для оценки способности образцов стекла с защитными покрытиями противостоят ударному воздействию при бомбардировке потоком высокоскоростных твердых микрочастиц были проведены испытания с помощью легкогазовой пушки МПХ23/8 [2], разработанной в научно-исследовательском институте прикладной математики и механики Томского государственного университета [3].

Питание магнетрона осуществлялось от импульсного биполярного источника питания частотой 50 кГц, мощность магнетрона достигала 1,2 кВт. Для получения покрытий системы Al-Si-N использовали мозаичную мишень на основе Al со вставками из Si, которую распыляли в смеси газов N₂ и Ar, отношение парциальных давлений которых в ваку-

умной камере установки составляло 1:4. Для получения покрытий на основе Zr-Y-O использовали мозаичную мишень на основе циркония с определенным количеством вставок иттрия, которую распыляли в смеси газов O₂ и Ar, отношение парциальных давлений которых в вакуумной камере установки составляло 1:3. Покрытия осаждали на образцы стекла марки К-208, которые представляли собой диски диаметром 15 мм и толщиной 4,5 мм. Температура подложки из кремния при осаждении защитных покрытий составляла 280±10°С, которая измерялась с помощью хромель-алюмелевой термопары. После осаждения покрытия образцы выдерживали в вакуумной камере в течение 40–60 мин, чтобы снизить его температуру до 90°С. Затем воздух вводили в камеру и выгружали полученные образцы. По данным гравиметрического метода было установлено, что полученные покрытия имеют толщину 6±0,5 мкм.

В качестве количественной характеристики воздействия потока микрочастиц на защитные покрытия систем Al-Si-N и Zr-Y-O использовали относительную поверхностную плотность кратеров $\rho_{\text{отн}}$:

$$\rho_{\text{отн}} = \frac{\rho}{\rho_0}$$

где ρ – поверхностная плотность кратеров на стеклах с покрытиями; ρ_0 – поверхностная плотность кратеров на исходных стеклах (без покрытия).

Результаты и обсуждение

Последствием ударного воздействия потока высокоскоростных твердых частиц Fe микронного размера на образцы стекла К-208 до и после осаждения защитных покрытий является эрозия поверхности. Эрозия поверхности возникает в результате формирования на поверхности исследуемых образцов большого количества механических повреждений в виде кратеров (рис. 1 и рис. 2). Поскольку кремний подобно стеклу является твердым и хрупким материалом, то формируемые кратеры имеют типичную форму, характерную для таких материалов.

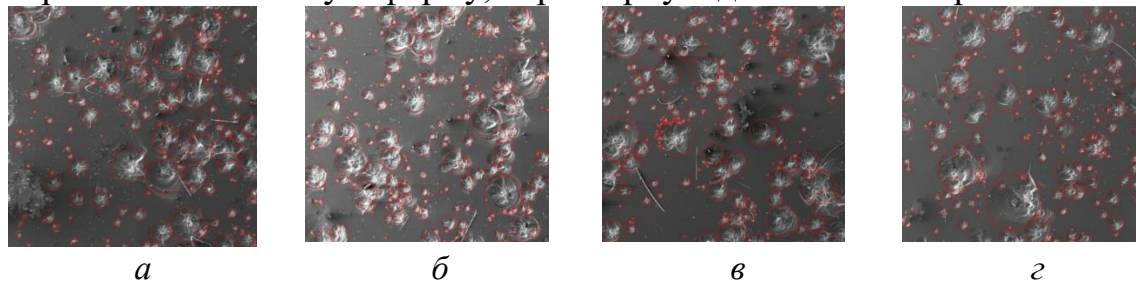


Рисунок 1. СЭМ-изображения кратеров на поверхности стекла К-208 без покрытия

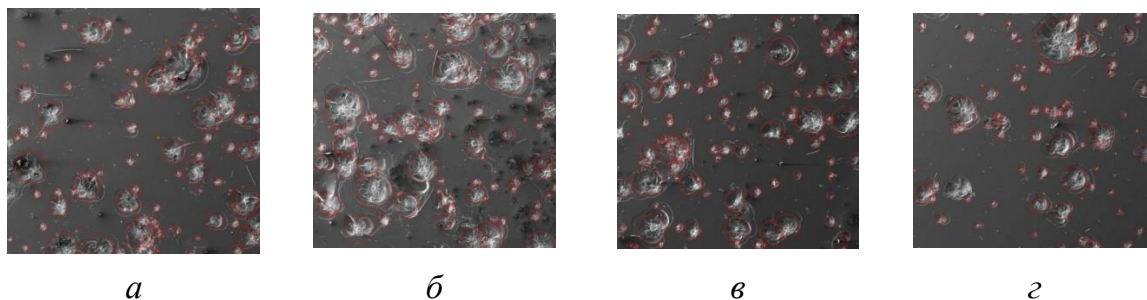


Рисунок 2. СЭМ-изображения кратеров на поверхности стекла К-208 с защитным покрытием Al-Si-N толщиной 6 мкм

Следует отметить, что размеры кратеров, образующихся на поверхности исследуемых образцов, лежат в широком интервале. Об этом свидетельствуют результаты измерения диаметров кратеров по СЭМ изображениям, представленные на рис.3 и рис.4 в виде соответствующих распределений.

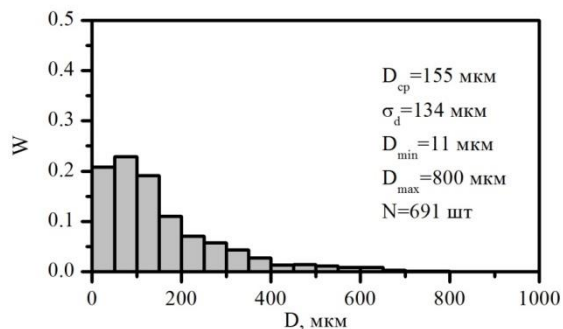


Рисунок 3. Распределение кратеров по размерам для образца К-208 без покрытия. Плотность распределения кратеров $\rho_0=8,64$ кратеров/мм²

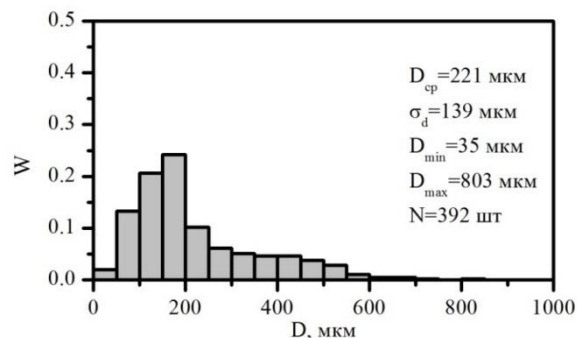


Рисунок 4. Распределение кратеров по размерам для образца К-208 с защитным покрытием AlSiN-6. Плотность распределения кратеров $\rho=4,9$ кратеров/мм²

При переходе к образцам стекла К-208 с защитным покрытием системы Zr-Y-O толщиной 6 мкм наблюдается значительное снижение общего количества кратеров, формируемых на их поверхности при ударном воздействии высокоскоростных частиц Fe. Из рис. 5 и 6 видно, что доля мелких кратеров размером до 50 мкм, образующихся на поверхности образцов К-208 с защитным покрытием ZrYO-6, в 30 раз меньше по сравнению с образцами исходного стекла К-208.

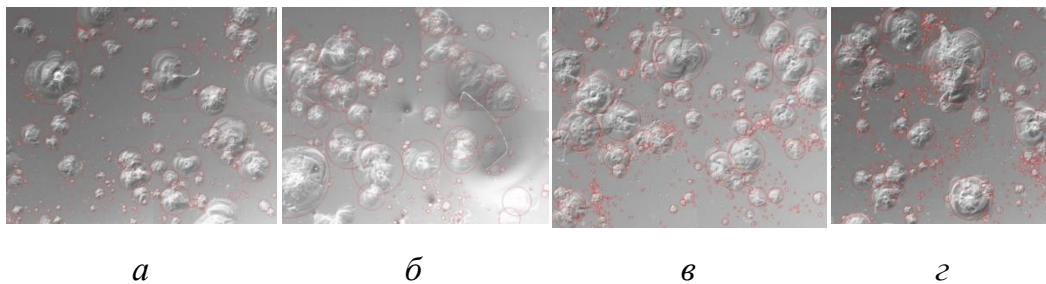


Рисунок 5. СЭМ-изображения кратеров на поверхности стекла К-208 без покрытия

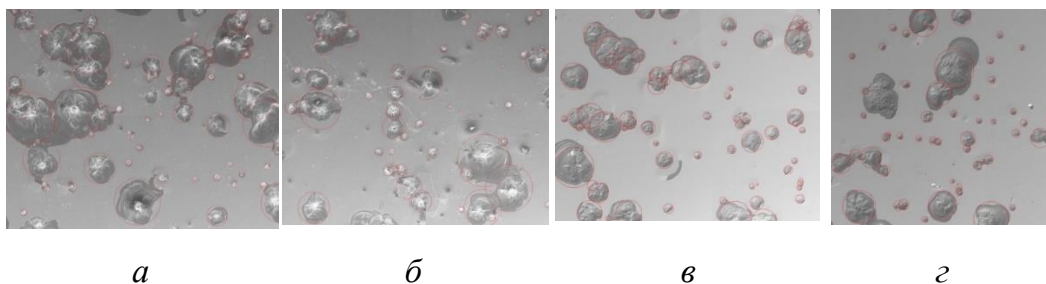


Рисунок 6. – СЭМ-изображения кратеров на поверхности стекла К-208 с защитным покрытием Zr-Y-O толщиной 6 мкм

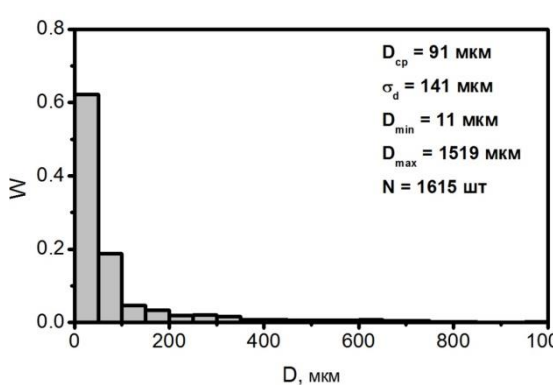


Рисунок 7. Распределение кратеров по размерам для образцов К-208 без покрытия. Плотность распределения кратеров $\rho=20,19$ кратеров/ мм^2

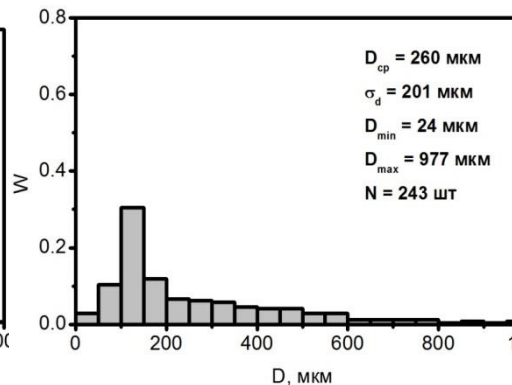


Рисунок 8. Распределение кратеров по размерам для образцов К-208 с защитным покрытием ZrYO-6. Плотность распределения кратеров $\rho=3,04$ кратеров/ мм^2

Таблица 1

Результаты оценки параметров кратеров, образующихся на поверхности исследуемых образцов

Образцы	Dcp, мкм	σd, мкм	Dmin, мкм	Dmax, мкм	ρ, мм ⁻²	ρ/ρ0
AlSiN-6	221	139	35	803	4,90	1,76
K208(AlSiN)	155	134	11	800	8,64	
ZrYO-6	260	201	24	977	3,04	6,64
K208(ZrYO)	91	141	11	1519	20,19	

Заключение

Результаты лабораторных ударных испытаний показали, что после нанесения защитных покрытий системы Al-Si-N толщиной 6 мкм процесс эрозии поверхности кремния протекает менее интенсивно, так как данные покрытия позволяют уменьшить поверхностную плотность кратеров в 1,76 раза по сравнению с исходными образцами стекла К-208. Защитные покрытия Zr-Y-O толщиной 6 мкм продемонстрировали более высокую стойкость к ударному воздействию потока твердых высокоскоростных микрочастиц Fe, так как в данном случае поверхностная плотность кратеров относительно исходных образцов стекла К-208 снижается в 6,64 раза. По данным ударных испытаний установлено, что повышение величины микротвердости системы подложка-покрытие приводят к снижению их способности сопротивляться ударному разрушению в условиях эрозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сергеев В.П., Яновский В.П., Параев Ю.Н., и др. Установка ионно-магнетронного напыления нанокристаллических покрытий (КВАНТ) // Физическая мезомеханика. – 2004. – Т. 7. Спец. выпуск. ч. 2. – С. 333-336.
2. Герасимов А.В., Пашков С.В., Христенко Ю.Ф. Защита космических аппаратов от техногенных и естественных осколков. Эксперимент и численное моделирование // Вестник ТГУ. Математика и механика. – 2011. – Т. 16. – № 4. – С. 70-78.
3. Стенд для исследования высокоскоростного соударения мелких частиц с преградой МПК F41F1/00: патент Рос. Федерация № 2610790; заявл. 23.10.2015; опубл. 15.02.2017, Бюл. №5.

Елисеев Андрей Алексеевич (РФ)
Лашкевич Милана Евгеньевна (Казахстан)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Агранович Виктория Борисовна,
к. филос. н., доцент

РАЗВИТИЕ ЧЕЛОВЕЧЕСКОГО ФАКТОРА КАК ОДИН ИЗ СПОСОБОВ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ЯДЕРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Человеческий фактор как одна из причин ядерных катастроф

У любого человека ограничены умственные и когнитивные способности и для него нормально совершать ошибки. Не всегда человек психологически или физически соответствует сложности поставленных перед ним целей. Характерные черты, возникающие при взаимодействии человека и техники, обычно называют «человеческий фактор».

Причины, способствующие действиям человека ошибочного характера, можно объединить в несколько разделов:

1. Недостаток информационного обеспечения, не учитывание человеческого фактора.

2. Ошибки, совершенные в результате влияния различных состояний человека.

3. Ресурсное ограничение поддержки и исполнения решений.

4. Индивидуальные факторы:

1) невнимательность

2) менталитет

3) неспособность к принятию самостоятельных решений

4) стрессовые ситуации [1]

Организационные факторы как одна из составляющих человеческого фактора

Вред, получаемый при работе на производстве вследствие несовершенства организации рабочей деятельности, подразделяется на три группы, по воздействию на организм:

Неправильная организация рабочего процесса, чреватая для рабочих получением травм нервной системы и различных органов;

Технические проблемы, чреватые физическими повреждениями. Высокий уровень шума и вибраций и большое количество пыли, а также превышение концентрации вредных веществ;

Недостаточная санитарная организация рабочих мест, к примеру, высокая температура воздуха или недостаточная освещенность помещений. [2]

В результате влияния этих факторов человеческому организму наносится, в большинстве случаев, непоправимый вред, с некоторой вероятностью приводящий к появлению хронических заболеваний, опасных для жизни и здоровья человека. Это также влияет и на поведение человека в критической ситуации. Сотрудник, который может получить травму будет гораздо хуже исполнять требуемые от него задачи.

Ядерная безопасность и человеческий фактор. Пример катастрофы, усугубленной человеческим фактором. Менталитет как часть человеческого фактора

Примером катастрофы, возникшей вследствие человеческого фактора, является японская АЭС Фукусима. Произошедшая катастрофа оценивается в 7 баллов по Международной шкале ядерных событий (глобальная авария) т.е. выброс в окружающую среду большого количества радиоактивных продуктов, накопленных в активной зоне, в результате которого превышаются пределы доз радиации для запроектных аварий. [3] Катастрофа произошла 11 марта 2011 года в результате землетрясения и последовавшего за ним цунами. Человеческий фактор (а именно в большинстве своем японский менталитет и традиции) в данной катастрофе был решающим. Это признает как МАГАТЭ, так и правительство Японии. [4]

Человеческий фактор начал играть свою роль еще до начала катастрофы: руководство АЭС во главе с управляющим станцией Масао Есидой было предупреждено о надвигающемся цунами, но соответствующих мер не было принято. Станция никаким образом не была защищена от цунами, в результате чего пострадало критически важное для работы станции оборудование: основные и резервные генераторы, мобильная PHS-линия (единственное средство связи на АЭС). Вследствие чего на блочных щитах погасло освещение и пропала индикация приборов, информация о состоянии АЭС более стала недоступна. Ни одно аварийное руководство, созданное на тот момент времени, не предполагало порядка действий на случай, если будут утеряны все источники индикации. Отсутствие четких рекомендаций привело к всеобщему сумбуру на АЭС, поскольку японский менталитет предполагает жесткое подчинение правилам, а также старшим по расположению. Консервативная натура японцев тоже сыграла свою роль: руководства по чрезвычайным ситуациям и аппаратные узлы станции долгое время не совершенствовались, что привело к проблемам с системой охлаждения 1-3 блоков (была перекрыта подача воды для охлаждения вследствие конструктивной недоработки). Также нарушению привычного режима работы на АЭС способствовал японский принцип управления, когда до управляющего доводится лишь информация, на основе которой

он дает лишь рекомендации, привело к замедленному исполнению необходимых мероприятий. Также не последнюю роль сыграло не доведение должным образом до начальства исполняемых мероприятий, что стало причиной взрыва на первом энергоблоке вследствие взрыва водорода за пределами защитной оболочки (ни один документ МАГАТЭ не предусматривал такого сценария). В итоге лишь 16 декабря 2011 года стадия аварии была завершена. Множество ее последствий можно было минимизировать, если должные меры были бы предприняты вовремя и должным образом. Непреодолимым препятствием на этом пути стал человеческий фактор в лице японского менталитета. Для устранения влияния этой проблемы на производственный процесс необходимо было заранее провести с сотрудниками психологические работы, направленные на минимизацию этого влияния. [5]

Психология производственного процесса как одно из важнейших составляющих развития человеческого фактора

Стресс – совокупность различных адаптационных реакций организма на различные неблагоприятные факторы, нарушающее нормальное состояние нервной системы. [6]

Профессиональный стресс – это функциональное состояние работающего человека, порождаемое совокупностью различных факторов, а не только процессом выполнения рабочих задач. Стресс профессиональный представляет собой результат осознания субъектом деятельности ответственности за результат действий, событий, но невозможность их полного контроля и управления ими. Профессиональный стресс имеет как физиологические, так и психологические особенности проявления и развития.

Деструктивный стресс характеризуется так называемой мотивацией «на себя», выраженной эмоциональностью и преобладанием мотива самореализации, самоутверждения. При дистрессе работник не в состоянии обеспечить продуктивную и безошибочную работу. [7]

Взаимосвязанные со стрессом социально-психологические факторы

Монотония

Монотония - это состояние сниженной работоспособности, возникающее в ситуациях рутинной работы в обыденной внешней среде [8] (Данную проблему на АЭС Бецнау в Швейцарии решают проведением своего рода игр, направленных на своевременное устранение неисправностей).

Трудоголизм

Работа у человека, страдающего этим заболеванием, постепенно становится единственным средством избавления от тревог. Работая, че-

ловек избегает личных проблем. Но, получив однажды удовлетворение от хорошо сделанной работы, такой человек через время чувствует дискомфорт, не получив это удовлетворение снова. Он начинает подсознательно искать ее. Трудоголизм чреват серьезными последствиями – потерей здоровья и в крайних случаях личностного самоопределения. Постепенно трудоголизм переходит в «выгорание» во всех его формах. [9]

Моральное и физическое выгорание

Основная причина заболевания – неумение разделять работу и другие виды деятельности. Человеку некуда девать накопившиеся отрицательные эмоции, и постепенно «выгорает». Существует три стадии его развития:

1) Легкая

Нарушения памяти, внимания, процесса выполнения действий.

2) Средняя

Она характерна апатией и замкнутостью человека. Человек совершенно не желает идти на контакт.

3) Тяжелая

Человек, как личность, теряет смысл жизни и работы. Делает все на полном автоматизме. [10]

Лечение данных заболеваний

Данные негативные стрессовые явления необходимо лечить, проводя беседы с сотрудниками, чтобы в результате минимизировать негативное влияние человеческого фактора. Для этого работнику необходимо:

1. Полноценный здоровый сон и отдых. Необходимо планировать свой рабочий график. Необходим положительный настрой. Можно выписать на листе бумаги позитивные моменты, которые приносит работа.

2. «Принцип порога». Разделение личной жизни и рабочего процесса. Необходимо научиться отвлекаться от работы.

3. Предметы, которые будут вызывать эмоции на рабочем месте. Например, фотографии с отдыха или брелоки. [11]

Меры по профилактике явлений, связанных с производственным стрессом

1. Физические упражнения

2. общение с друзьями или коллегами. Необходимо работать с некоторыми интервалами. Желательно, чтобы друзья работали в другой сфере

3. баланс амбиций. Не стоит переживать из-за неудач и видеть работу как карьерную лестницу. Возможно, происходящее обернется только лучшим [12]

Мотивация к безопасному труду как часть развития человеческого фактора

1. Введение системы наказаний за нарушение техники безопасности
2. Материальное стимулирование сотрудников. Это приведет к пониманию сотрудниками того, что выгода и безопасность - это одно и то же.
3. Создание нужного психологического климата в коллективе, в котором будет осуждаться небезопасное поведение на производстве. [13]

Заключение

Таким образом, человеческий фактор – одна из самых важных составляющих безопасности атомной отрасли, отрицательное влияние которой сложно переоценить. Чтобы минимизировать его отрицательное влияние, необходим ряд заблаговременных мер. Но результат оправдывает затраченные средства: повысится безопасность производства, а также снизится как обычный, так и производственный стресс.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Proza.ru // URL: <https://proza.ru/2014/02/19/2153#:~:text=Причины%2С%20способствую-щие%20ошибочным%20действиям%20человека%2С,поддержки%20и%20исполнения%20принятого%20решения> (дата обращения 22.03.2021)
2. Businessmen.ru // URL: <https://businessman.ru/new-vrednye-factory-i-ix-klassifikaciya.html> (дата обращения 22.03.2021)
3. Lektsia.com // URL: <https://lektsia.com/3x35b9.html#:~:text=Выброс%20в%20окружающую%20среду%20большого,в%20зоне%20радиусом%2025%20км> (дата обращения 22.03.2021)
4. PRO АТОМ // URL: <http://www.proatom.ru/modules.php?name=News&file=article&sid=3251> (дата обращения 22.03.2021)
5. Top war.ru // URL: <https://topwar.ru/16257-prichinoy-avarii-na-fukusime-priznali-chelovecheski-faktor.html> (дата обращения 22.03.2021)
6. WiSPENCE.com // URL: <https://wispencc.com/ru/blog/psychology/the-concept-causes-and-types-of-stress> (дата обращения 22.03.2021)

7. Бодров В.А. Информационный стресс: Учебное пособие для вузов – М.: ПЕР СЭ, 2008. – 352с.
8. Cyberleninka.ru // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-monotonii-kak-negativnogo-emotsionalnogo-sostoyaniya-u-studentov-v-uchebnom-protseesse#:~:text=Монотония%20-%20функциональное%20состояние%20человека%2C,скуки%2C%20потерей%20интереса%20к%20работе> (дата обращения 22.03.2021)
9. Студенческий научный форум - 2019 // URL: <https://scienceforum.ru/2019/article/2018012141> (дата обращения 22.03.2021)
10. Sindrom.guru // URL: <https://sindrom.guru/psixopatologicheskie/sindrom-professionalnogo-vygoraniya> (дата обращения 22.03.2021)
11. Donpi.ru // URL: <https://donpi.ru/razvitie-mozga/sindrom-professionalnogo-vygoraniya-diagnostika-i-profilaktika.html> (дата обращения 22.03.2021)
12. Mir-logiki.ru // URL: <https://yandex.ru/turbo/mir-logiki.ru/s/sindrom-professionalnogo-vygorania-diagnostika-i-profilaktika/> (дата обращения 22.03.2021)
13. Cyberpedia.su // URL: <https://cyberpedia.su/5x7914.html> (дата обращения 22.03.2021)

Жохара Ахмад (Сирия)

Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва

Научный руководитель: Подураев Юрий Викторович,
д.т.н., профессор

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ТЕОРИИ ZMP (ZERO MOMENT POINT) ДВУНОГИХ РОБОТОВ ДЛЯ БАЛАНСИРОВКИ ЭКЗОСКЕЛЕТОВ НЕЙРО-РЕАБИЛИТАЦИИ НИЖНИХ КОНЕЧНОСТЕЙ

Введение:

Существует определенная сложность использования экзоскелета для нейро-реабилитации нижних конечностей пациентом. Обязательно требуется хотя бы один человек для помощи пилоту в ношении экзоскелета. И кроме того, пилоту необходимо сопровождение еще нескольких

человек как дополнительный фактор безопасности на случай, если он по какой-то причине потеряет баланс.

Данная проблема ранее не рассматривалась в рамках теории баланса экзоскелетов, так как в аналогичных случаях использовались специальные теории для поддержания баланса двуногих роботов. А учитывая, что экзоскелет, используемый для нейро-реабилитации нижних конечностей, является двуногим роботом [1], подобные теории могут быть применены и к нему. Важность решения обозначенной проблемы заключается: во-первых, в улучшение психологического фактора, чтобы пилот мог уверенно пользоваться экзоскелетом для поддержания баланса без посторонней помощи; во-вторых, в большей надежности экзоскелетов и в повышении их производительности с точки зрения экономии времени в процессе обучения пилота работе с экзоскелетом.

Проблема баланса экзоскелета для неврологической нейро-реабилитации нижних конечностей

Несмотря на то, что пилот использует вспомогательные палочки во время ходьбы, чтобы обеспечить баланс, с одной стороны, и определить необходимую систему движения - с другой (стояние - сидение - движение - подъем и спуск по лестнице), рядом с пилотом в качестве дополнительного фактора безопасности в случае потери пилотом равновесия постоянно должен находиться как минимум один человек

Поэтому для решения названной проблемы предложена одна из наиболее важных теорий равновесия двуногих роботов, которая может быть успешно применена улучшения баланса и функционирования экзоскелета, используемого для неврологической нейро-реабилитации нижних конечностей.

Известно, что гуманоидный робот - очень сложная система, а двуногий робот на самом деле является более простой версией последнего. Двуногий робот должен уметь ходить по ровной поверхности, преодолевать лестницы, поворачивать, пересекать канавы в зависимости от ситуации. И при этом во время ходьбы он должен сохранять баланс. Цикл ходьбы двуногого робота, гуманоидного робота или экзоскелета состоит из двух фаз с одной опорой (SSP single-support phases) и двух фаз с двумя опорами (DSP double-support phases) [2].

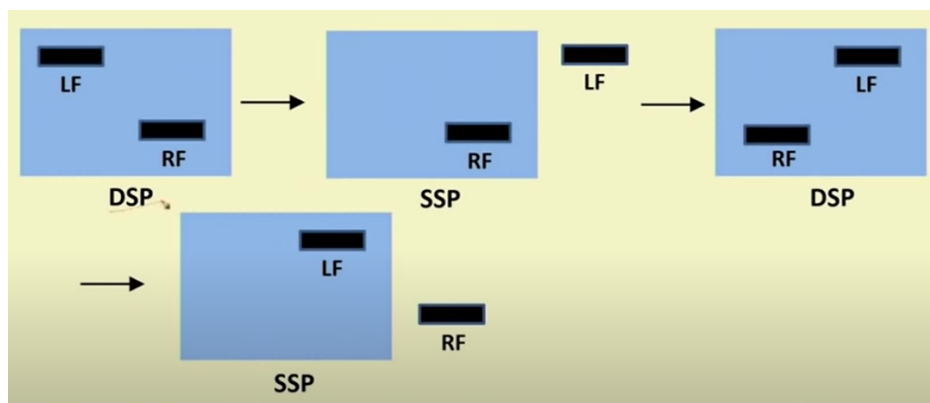


Рисунок 1. Цикл ходьбы двуногого робота

LF – левая нога робота;

RF – правая нога робота.

ZMP (Zero moment point) концепция отражает динамику и контроль передвижения на ногах, например, для гуманоидных роботов. Поэтому мы можем использовать концепцию ZMP (Zero moment point) для поддержания баланса робота. Концепция предполагает, что контактная площадка плоская и имеет достаточно высокое трение, чтобы стопы не скользили.

ZMP (Zero moment point) указывает точку, относительно которой сила динамической реакции при контакте ступни с землей не создает момента в горизонтальном направлении, то есть точка, в которой сумма горизонтальной инерции и сил тяжести равна 0 (нулю).

Стратегия балансировки, когда робот идет с помехами, основана в основном на текущем значении ZMP, которое обрабатывается в контроллере баланса. Ён-Джэ Ким, Джун-Йонг Ли и Джу-Джанг Ли [3] использовали общее динамическое уравнение в формуле Лагранжа следующим образом:

$$M(q)\ddot{q} + V(q, \dot{q}) + G(q) = Q \quad Q = \tau + J^T p \quad F_e \quad (1)$$

J_p – Якобиан центра таза; F_e – внешняя приложенная сила.

Двуногий робот состоит из 7 звеньев: 2 ступни, 2 ноги, 2 бедра и 1 звено между бедрами. Поэтому мы можем определить границу ZMP в зависимости от следующих уравнений (2) для подъема по лестнице:

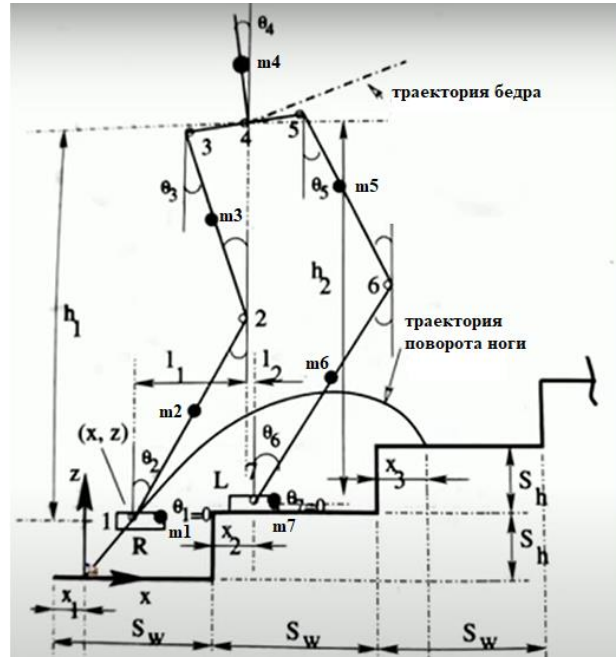


Рисунок 2. Иллюстрация экзоскелета, поднимающегося по лестнице

$$\sum_{i=1}^7 m_i (\ddot{z}_i - g)(x_{ZMP} - x_i) + \sum_{i=1}^7 m_i \ddot{x}_i z_i - \sum_{i=1}^7 I_i \dot{\omega}_i = 0$$

$$x_{DBM} = \frac{L}{2} - |x_{ZMP}|$$

m_i – масса звена (i), которая представляет собой массу шарнира робота и массу шарнира пилота;

\ddot{z}_i – ускорение по координате z;

g – ускорение свободного падения;

x_i – координата x;

x_{ZMP} – точка, в которой сумма горизонтальных сил инерции и силы тяжести равна 0;

\ddot{x}_i – ускорение по координате x;

z_i – координата z;

I_i – момент инерции звена (i);

$\dot{\omega}_i$ – угловое ускорение звена (i);

x_{DBM} – точка динамического баланса запаса.

Согласно этим уравнениям, мы можем определить границу ZMP экзоскелета, как показано на рис 3.

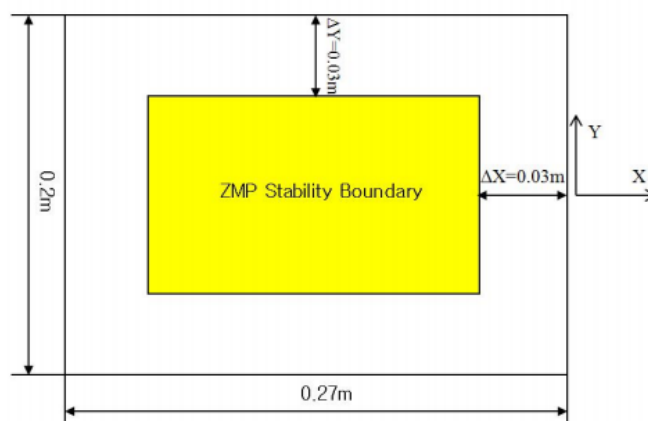


Рисунок 3. Определение границы ZMP экзоскелета

На рисунке 3 представлен отпечаток стопы стоячей ноги (правая нога). Самая правая стрелка указывает координаты x и y , а размер отпечатка стопы составляет 0,2 м в ширину и 0,27 м в длину. в зависимости от запаса устойчивости ZMP, контроллер определяет существует ли внешняя сила, описывается ΔX и ΔY . Каждое значение составляет 0,03 м, и это значение определяется эвристически. Когда ZMP находится в области границы устойчивости ZMP (желтая область), контроллер считает, что внешние силы не применяются, поэтому робот переходит к обычной заранее определенной походке. Конечно, при обычной ходьбе без внешней мешающей силы ZMP полностью находится в желтой зоне. Но если ZMP перемещается из желтой области в белую под действием внешней возмущающей силы, контроллер считает, что должна быть аномальная внешняя сила, и управляет роботом с помощью стратегии управления балансировкой.

Стратегия управления балансировкой

Как уже говорилось, если ZMP входит в область запаса устойчивости, контроллер начинает управлять двуногим роботом (экзоскелетом), используя стратегию управления балансировкой. Граница ZMP - желтая область (рис.3) (в запасе устойчивости) даже при наличии приложенной возмущающей силы на протяжении всей продолжительности SSP. В этом случае робот просто переходит в обычную заранее заданную походку, и стратегии управления балансировкой не требуется. Стратегию управления балансировкой составляют четыре последовательных действия. [3][4]

1) Балансировочный контроллер перемещает ZMP двуногого робота (экзоскелета) к центру подошвы.

2) Балансировочный контроллер перемещает поворотную ногу в нижнее положение.

3) Балансировочный контроллер растягивает поворотную ногу.

4) Балансирующий контроллер сокращает опорную ногу.

Первое действие направлено на то, чтобы сделать двуногого робота устойчивым. Второе, третье и четвертое действия должны заставить двуногого робота перейти в состояние двойной поддержки. Фаза двойной опоры более стабильна и легко выдерживает возмущающую силу, поскольку в фазе двойной опоры область стабильности ZMP больше, чем у SSP, а крутящие моменты DSP меньше, чем у SSP.

Заключение

Теория ZMP может быть успешно применена для решения проблемы равновесия экзоскелетов, используемых в нейро-реабилитации нижних конечностей, на основе классификации экзоскелетов как двуногие роботы, что улучшает характеристики робота и дает пилоту больше уверенности, комфорта и психологической поддержки.

В этом случае можно обойтись без вспомогательных опор, а также разработать систему для определения необходимого движения путем подачи голосовых команд.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Подураев Ю. В., Жохара А. Классификация и анализ современных экзоскелетов // X Всероссийская научно-практическая конференция (Томск, 22-24 Апреля 2020 г.), 2020. 620 с. ISBN 978-5-4387-0951-0.
2. Пратихар Д. К. основы робототехники // Alpha Science International Ltd, ст 200, 2017, ISBN 978-1783322855.
3. Ён-Джэ Ким, Джун-Ён Ли, Джу-Чан Ли. Стратегия управления балансом шагающего двуногого робота при приложении внешней силы // Proceeding of the IEEE International Conference on Information and Automation Shenyang, (Китай, июнь 2012 г.). ст 572-577
4. Стивенс Б. Гуманоид «Push Recovery», // 2007 7-я Международная конференция IEEE-RAS по роботам-гуманоидам, Декабрь 2007 г.

Исса Х.А., Абдали Л. М., Али К.А.,
Мохаммед Х.Д., Аль-Малики М. Н. (Ирак)

Севастопольский государственный университет, г. Севастополь

Научный руководитель: Якимович Борис Анатольевич,
д.т.н., профессор

УПРОЩЕННЫЙ И КОМПЛЕКСНЫЙ ПОДХОД К ХАРАКТЕРИСТИКЕ ПРОМЫШЛЕННЫХ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Введение

Среди систем, в которых используются возобновляемые источники энергии, фотоэлектрические элементы являются многообещающими из-за присущих самой системе качеств: очень низкие эксплуатационные расходы (бесплатное топливо), ограниченные требования к техническому обслуживанию, надежность, бесшумность и простота установки [1]. Кроме того, в некоторых автономных приложениях фотоэлектрические элементы, безусловно, удобны по сравнению с другими источниками энергии, особенно в тех местах, которые недоступны, что невыгодно для установки традиционных линий электропередач [2].

Когда необходимо разработать новый проект, требования и характеристики фотоэлектрической панели обычно неясны, неполны и не интегрированы в процесс проектирования [3]. Они распределены по нескольким группам организаций, образованных людьми с разными специализациями, которые используют разные инструменты, и поскольку они работают по отдельности, нет возможности протестировать эти системы, и следует сделать шаг к интеграции уже созданного прототипа. Когда ошибки обнаруживаются, в этот момент уже слишком поздно, и обычно придется возвращаться, и их тестирование может быть очень дорогим [4-6].

В моделировании солнечный элемент может быть смоделирован с помощью трех систем моделирования [7]. Первая возможность моделирования может быть реализована с помощью инструментов, которые могут реализовывать любое дифференциальное уравнение или алгебраическое соотношение очень сложной математической модели [8]. Предоставляется еще одна возможность, которая позволяет при прямом моделировании с использованием физических компонентов электрического поля (резисторов, конденсаторов, диодов) реализовывать точно такое же математическое уравнение [9-11]. Поэтому важно с растущим спросом на PV системы для разработки упрощенного и всеобъемлюще-

го метода охарактеризовать фотоэлектрические системы в любых условиях окружающей среды [12].

Солнечная модель

Блок солнечных батарей сформирован из одного солнечного элемента в виде сопротивления R_s , соединенного последовательно с параллельной комбинацией источника тока, двух экспоненциальных диодов и параллельного резистора R_p [13].

Выходной ток I определяется уравнением (1):

$$I = I_{PH} - I_s \left[\exp\left(\frac{V+IR_s}{N_1 V_1}\right) - 1 \right] I_s \left[\exp\left(\frac{V+IR_s}{N_2 V_2}\right) - 1 \right] - \frac{V+IR_s}{R_p} \quad (1)$$

где I_{ph} - ток, индуцированный солнечной энергией: $I_{ph} = I_{ph0} \cdot I_r / I_{r0}$.

где I_r - освещенность в Вт / м², которая падает на поверхность ячейки; I_{ph0} измерил генерируемый солнцем ток для освещенность I_{r0} ; I_s - ток насыщения первого диода; I_{s2} - ток насыщения второго диода; $V_t = kT / q$ - тепловое напряжение, зависит от температуры устройства T , k - постоянная Больцмана и q - элементарный заряд электрона; N - коэффициент качества (коэффициент излучения для диода) первого диода; N_2 - коэффициент качества (коэффициент излучения для диода) второго диода; V - напряжение на клеммах солнечного элемента [14-16].

Температурная зависимость

Несколько параметров солнечного элемента (индуцированный солнцем ток I_{ph} , ток насыщения первого диода I_s , ток насыщения второго диода I_{s2} , последовательное сопротивление R_s и параллельное сопротивление R_p) зависят от температуры [17]. Температура фотогальванического элемента определяется значением параметра фиксированной температуры цепи [18-20].

Между током солнечной индукции I_{ph} и температурой солнечного элемента T [21] появляется соотношение

$$I_{ph}(t) = I_{ph} \cdot (1 + T_{IPH1} \cdot (T - T_{meas})) \quad (2)$$

где: T_{IPH1} - первый температурный коэффициент для I_{ph} ; T_{meas} - параметр температуры экстракции [22].

$$\begin{aligned} V_{oc}(T) &= V_{oc}(T_{stc}) + K_V (T - T_{stc}) \\ V_{mp}(T) &= V_{mp}(T_{stc}) + K_V (T - T_{stc}) \\ I_{sc}(T) &= I_{sc}(T_{stc}) (1 + K_I (T - T_{stc})) \\ I_{mp}(T) &= I_{mp}(T_{stc}) (1 + K_I (T - T_{stc})) \end{aligned} \quad (3)$$

Модель фотовольтическая

Модель, показанная на рисунке 1, представляет собой массив фотоэлементов, подключенных к переменному резистору. Этот резистор имеет линейное изменение, которое просто линейно изменяет сопротивление в замкнутой цепи, пока не достигнет ступеней [23]. Внутри массива подсистемы представляют собой 6 рядов фотоэлектрических солнечных элементов, соединенных последовательно, образованных 6 солнечными элементами библиотеки SimElectronics® (рис. 2). Эта структура может быть построена во многих конфигурациях путем соединения нескольких цепочек солнечных элементов последовательно или параллельно [24-26].

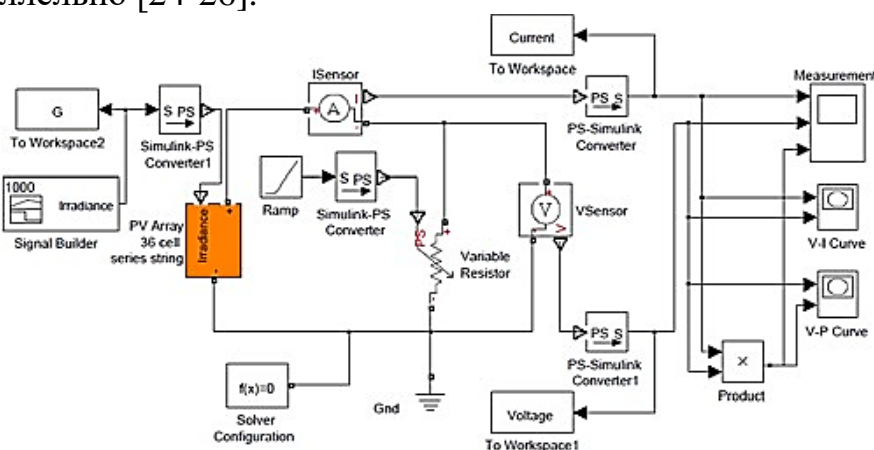


Рисунок 1. Модель Simulink® для фотоэлектрических батарей

Результаты и обсуждение

Моделирование проводилось с использованием предложенного комплексного подхода, характеризующего любую фотоэлектрическую систему. Модуль, выбранный для моделирования, - это солнечный модуль BP MSX60 [27] со спецификацией спецификации модуля, приведенной в таблице I.

Таблица I

BP MSX60 pv модуль электрические характеристики при 25 °C, am1,5 и 1000 Вт / м²

Ток короткого замыкания (Isc)	3.8A
Напряжение холостого хода (VOC)	21.1V
Максимальный ток питания (Imp)	3.5A
Максимальное напряжение питания (Vmp)	17.1V
Число последовательно соединенных ячеек Ns	36
Температурный коэффициент для Isc, KI	(0.065±0.015)%/ °C
Температурный коэффициент для Voc, KV	-(80±10)mV/°C

Используя температурный коэффициент тока короткого замыкания и температурный коэффициент напряжения холостого хода, приведенные в техническом описании, наряду с системой уравнений в уравнении (3), рис.2 иллюстрируют сгенерированные кривые при различных значениях температуры (0°C , 50°C и 75°C), связанные с температурой при STC ($T = 25^{\circ}\text{C}$).

Кроме того, сценарий MATLAB может быть разработан для создания подгонки поверхности для экспериментальных данных солнечного модуля BP MSX60 (I , V , T). Кривые, представляющие ток и напряжение для любого Фотоэлемент / модуль / массив с температурой на самом деле трехмерные кривые. Как показано на рис.3, кубическая интерполяция для кривых I - V с четырьмя значениями температуры создает поверхность и математическое уравнение, которое представляет не только точки с четырьмя различными значениями температуры, но также и все точки между ними.

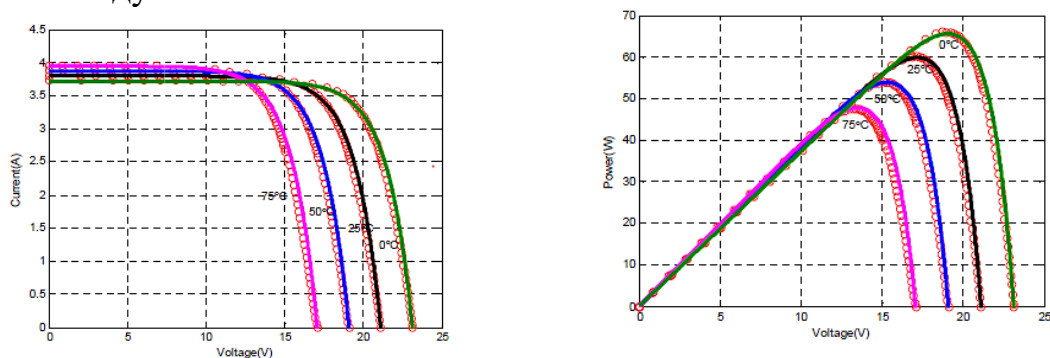


Рисунок 2. Смоделированные (линейные) и экспериментальные (кружки) I - V и P - V для фотоэлектрического модуля BP MSX60 при различных температурах

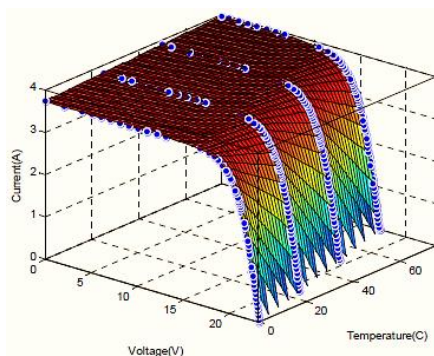


Рисунок 3. Трехмерные характеристики I - V - T для фотоэлектрического модуля BP MSX60 при различных температурах и постоянном уровне освещенности $1000 \text{ Вт} / \text{м}^2$

Для прогнозирования поведения фотоэлектрического модуля при освещенности G , отличной от STC ($1000 \text{ Вт} / \text{м}^2$), температуру необходимо зафиксировать на уровне $25 \text{ }^\circ\text{C}$, и можно использовать систему уравнений для построения кривых, представляющих IV и PV характеристики фотоэлектрического модуля при разных уровнях освещенности. Рис.4 демонстрируют влияние освещенности на I-V и P-V характеристики выбранного модуля. Сгенерированные кривые построены при различных значениях освещенности ($800 \text{ Вт}/\text{м}^2$, $600 \text{ Вт}/\text{м}^2$, $400 \text{ Вт}/\text{м}^2$ и $200 \text{ Вт}/\text{м}^2$), связанных с излучением на STC ($G = 1000 \text{ Вт}/\text{м}^2$). Как упоминалось ранее, уменьшение освещенности уменьшает V_{oc} , но это происходит после логарифмической зависимости, которая приводит к относительно скромному изменению V_{oc} .

Из рисунка 5 можно заметить, что максимальная точка мощности фотоэлектрического модуля значительно уменьшается при уменьшении тока из-за падения освещенности.

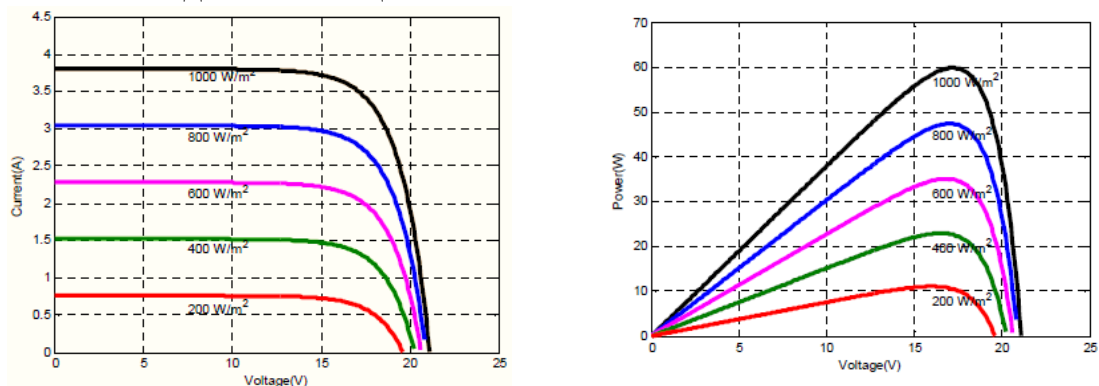


Рисунок 4. Прогнозируемые P-V характеристики для фотоэлектрического модуля BP MSX60 при различной освещенности

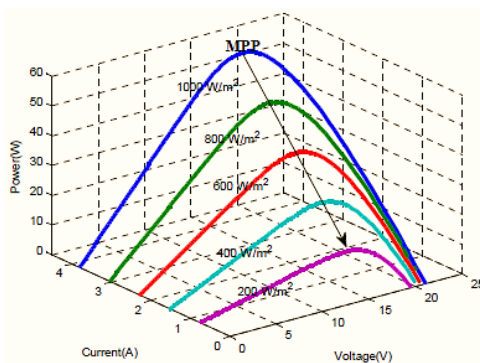


Рисунок 5. Прогнозируемые P-I-V характеристики для фотоэлектрического модуля BP MSX60 при различных значениях освещенности

Предполагая идентичные характеристики модулей, образующих фотоэлектрическую матрицу, и идентичные условия эксплуатации; ха-

характеристики массива PV могут быть оценены на основе данных таблицы модулей и количества модулей, соединенных последовательно N_{ss} , и количества модулей, соединенных параллельно N_{pp} .

Выводы

Комплексный подход к моделированию фотоэлектрических модулей и массива представлен с необходимыми уравнениями для прогнозирования I-V и P-V характеристики для любой фотоэлектрической системы. Фотоэлектрическая система поведение прогнозируется в соответствии с STC и при условии окружающей среды. Экспериментальные результаты наряду со смоделированными I-V и P-V характеристики выбранного PV модули показали хорошее согласие с результатами моделирования.

Новый модифицированный набор уравнений для представления воздействия освещенность была представлена в этой статье. Срок действия комплексный подход к моделированию был доказан с использованием MATLAB среда. Симуляция была первой используется на коммерчески доступном фотоэлектрическом модуле, а затем расширен для разработки фотоэлектрического массива для энергоэффективного здания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Анализ производительности гибридных фото-ветроэлектрических установок / Абд Али, Лаит Мохаммед А., Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // Энергетические установки и технологии. 2019. Т. 5, № 2. С. 61–68.
2. Абд Али, Лаит Мохаммед, Хайдер Абдулсахиб Исса. Using tidal energy as a clean energy source to generate electricity // Молодой ученый. 2018. № 11. С. 62–69.
3. Абдали Л.М., Аль-Руфай Ф.М., Якимович Б.А., Кувшинов В.В., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д. Комбинированная энергетическая установки для преобразования солнечной и ветровой энергии. международной научно-практической конференции «Экологическая, промышленная и энергетическая безопасность – 2020» – Севастополь: СевГУ, 2020. с.21-28
4. Abd Ali L.M. and Issa H.A. Hybrid power generation using solar and wind energy. Molod. Uchen., 2018, no. 7, pp. 19-26.
5. Абд Али Лаит Мохаммед, Хайдер Абдулсахиб Исса. Разработка элементов Smart Grid для оптимизации режимов районных сетей // Молодой ученый. 2014. № 8. С. 117–120.

6. Kuvshinov V.V., Abd Ali L.M., Kakushina E.G. Studies of the PV Array Characteristics with Changing Array Surface Irradiance. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 223-228. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040054>.
7. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A. Lyamina, N.V. Some Results of a Study of Wave Energy Converters at Sevastopol State University. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 256-259. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040029>.
8. Vologdin S.V., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Analysis of Various Energy Supply Scenarios of Crimea with Allowance for Operating Modes of Solar Power Planta. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 229-234. <https://doi.org/10.3103/S0003701X1904008X>.
9. Cheboxarov V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. An Offshore Wind-Power-Based Water Desalination Complex as a Response to an Emergency in Water Supply to Northern Crimea. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 260-264. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040030>.
10. Guryev V.V., Yakimovich B.A., Abd Ali L.M. Improvement of Methods for Predicting the Generation Capacity of Solar Power Plants: the Case of the Power Systems in the Republic of Crimea and City of Sevastopol. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 4, pp. 242-246. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19040042>.
11. Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H., Abd Ali L.M. Electricity generation by using a hybrid system (photovoltaic and fuel cell). *J. Eng. Appl. Sci.*, 2019, no. 14, pp. 4414-4418. doi.org/10.3923/jeasci.2019.4414.4418.
12. Layth Mohammed Abd Ali, Haider Ahmed Mohammed and Husam Abdulhusein Wahhab. A Novel Design of 7-Level Diode Clamped Inverter. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2019, no. 14, pp. 3666-3673. doi.org/10.36478/jeasci.2019.3666.3673.
13. Kuvshinov V.V., Kolomiychenko V.P., Kakushkina E.G. Storage System for Solar Plants. *Appl. Sol. Energy*, 2019, vol. 55, no. 3, pp. 153-158. <https://doi.org/10.3103/S0003701X19030046>.
14. Kuznetsov, N. P., Abd Ali, M. L., Kuvshinov, V. V., Issa, A. H., Mohammed, J. H., & Al-bairmani, G. A.. Investigation of the losses of photovoltaic solar systems during operation under partial shading. *Journal of Applied Engineering Science*, 2020, Vol. 18, No. 3, pp. 313 - 320. Doi :10.5937/jaes18-24460.
15. Abd Ali, L. M., Al-Rufae, F. M., Kuvshinov, V. V. et al. Study of Hybrid Wind–Solar Systems for the Iraq Energy Complex. *Appl. Sol.*

- Energy, 2020, vol. 56, no. 4, pp. 284–290.
<https://doi.org/10.3103/S0003701X20040027>.
16. Мохаммед Абд Али Лаит, Исса Хайдер Абдулсахиб. Использование ветроэлектростанций в электроэнергетических системах // Теория и практика актуальных исследований: материалы VI Междунар. науч.-практ. конф. (Краснодар, 25 марта 2014 г.). В 2 т. Краснодар, 2014. 150 с. Т. II. С. 86–89.
17. Abdali A.L.M., Yakimovich B.A., Kuvshinov V.V. Hybrid power generation by using solar and wind energy. В сборнике: Environmental, Industrial and Energy Security. Сборник статей по материалам международной научно-практической конференции. 2019. С. 26-31.
18. Абдали, Л. М. А., & Аль-Руфай, Ф. М. М. Simulation of a model photovoltaic power system to generate electricity. В сборнике: LinguaNet. Сборник материалов Всероссийской молодежной научно-практической конференции с международным участием «LinguaNet». 2019. С. 234-240.
19. Abd Ali L.M., Ahmed Mohammed H., Anssari M.O.H. Modeling and simulation of tidal energy. J. Eng. Appl. Sci., 2019, no. 14, pp. 3698-3706. DOI: 10.36478/jeasci.2019.3698.3706
20. Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Исса Х.А., Мохаммед Х.Д., Якимович Б.А., Моделирование и контроль энергии ветра, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", - Томск: ТПУ, 22–24 апреля 2020 г., с. 14-19.
21. Абдали Л.М. Моделирование параметров управления интегрированной системой солнечной генерации и накопления энергии [Электронный ресурс]/ Л.М. Абдали, В.В. Кувшинов, Э.А. Бекиров, Ф.М. Аль-Руфай // Строительство и техногенная безопасность. — 2020. — № 18(70). — с.133-142. — DOI: 10.37279/2413-1873-2020-18-133-142.
22. Абдали, Л. М. А., & Кувшинов, В. В. Генерация электрической энергии гибридной силовой установкой. В сборнике: научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов. Сборник докладов IX Всероссийской научно-практической конференции. Томский политехнический университет. 2019. С. 66-73.
23. Оптимизация аккумулирования энергии в гибридных системах ветроэнергетики и фотовольтаики / Л. М. Абдали, Ф. М. Аль-Руфай, Б. А. Якимович, В. В. Кувшинов // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 2. С. 100–108. doi: 10.22213/2413-1172-2020-2-100-108.

- 24.Исса Х. А., Абдали Л. М., Аль-Руфай Ф. М., Мансор М. Ф., Мохаммед Х.Д., Моделирование фотоэлектрического модуля с помощью программы matlab, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, с.116-122.
- 25.Оценка потенциала ветроэнергетических ресурсов на юге Ирака / Ф. М. Аль-Руфай, Л. М. Абдали, В. В. Кувшинов, Б. А. Якимович // Вестник ИжГТУ имени М. Т. Калашникова. 2020. Т. 23, № 3. С. 105–113. DOI: <https://doi.org/10.37279/2413-1873-2020-18-133-142>
- 26.Абдали, Л. М., Аль-Руфай, Ф. М., Мохаммед, Х. Д., Якимович, Б. А., & Кувшинов, В. В. Моделирование гибридной фото-ветроэнергетической системы с сетевым подключением. In Возобновляемые источники энергии, 2020, с. 117-128.
- 27.Мохаммед, Х. Д., Абдали, Л. М., Исса, Х. А., & Аль-Руфай, Ф. М., Разработка обобщенной фотоэлектрической Модель с MATLAB использованием, X Всероссийская научно-практическая конференция "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", Томск: ТПУ, 22-24 апреля 2020, с.166-172.

Куагу Жан-Мари (Бенин), Ункпатэн Денъон Дебор (Бенин),
Фонкоу Джастин Мелабонг (Камерун)

Казанский национальный исследовательский
технологический университет, г. Казань

Научный руководитель: Гумеров Фарид Мухамедович,
д.т.н., проф.

КИНЕМАТИЧЕСКАЯ ВЯЗКОСТЬ БИОДИЗЕЛЬНОГО ТОПЛИВА ИЗ ПАЛЬМОВОГО МАСЛА, ПОЛУЧАЕМОГО В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ УСЛОВИЯХ

В настоящее время биодизельное топливо получают традиционным каталитическим методом, предусматривающим проведение реакции переэтерификации при температурах 333 – 343 К при атмосферном давлении в присутствии гомогенных катализаторов. Данный метод имеет ряд недостатков, включающих в себя сложность отделения катализатора от продукта реакции, длительность реакции (от 1 часа до 1,5 суток) и другие. На фоне вышеуказанных недостатков, а также увеличения уровня потребления энергии ведется интенсивный поиск путей создания энер-

госберегающих и малоотходных технологических процессов. Один из них – применение сверхкритической флюидной технологии. Большие энергозатраты на проведение процесса, имеющие место в традиционном промышленном каталитическом процессе получения биодизельного топлива, компенсируются отсутствием в потребности использования катализаторов, быстротой осуществляемой реакции (от нескольких минут до 40-50 минут), отсутствием многоступенчатой очистки продуктов реакции и другое.

Одним из основных факторов в оценке качества биодизельного топлива является его вязкость. Вязкость биодизельного топлива имеет большое значение при проектировании оборудования для процессов синтеза и использования биотоплива в дизельных двигателях. В отношении работы двигателя, топливо с высокой вязкостью, как правило, образует более крупные капли после инжекции, что может привести к ухудшению распыления топлива, увеличению отложений в двигателе, большому энергопотреблению и износу топливного насоса и элементов форсунок.

Вязкость эфиров жирных кислот в значительной степени зависит от их химической структуры. Длина цепи, количество и положение химических групп, в которых находится двойная связь, а также характер окисленных фрагментов влияют на вязкость. Она возрастает с увеличением длины углеродной цепи и уменьшается с числом двойных связей.

Теплофизические свойства термодинамических систем процесса получения биодизельного топлива важны, прежде всего, на этапе моделирования процесса, однако такое свойство, как вязкость важна и на этапе оценки концентрации эфиров жирных кислот в продукте реакции переэтерификации, поскольку ранее в работах [1-3] была установлена корреляция между содержанием метиловых эфиров жирных кислот (МЭЖК) в продукте реакции и вязкостью этого продукта, предложенная впоследствии в качестве косвенного способа количественной оценки содержания МЭЖК в продукте реакции.

В настоящей работе в рамках распространения обсуждаемой методологии [1-3] на случай пальмового масла и реакции, осуществляемой в сверхкритических флюидных условиях, установлены индивидуальные характеристики корреляционной зависимости:

$$C (\%) = -47,797 \ln(v) + 181,59 \quad (1)$$

Значения констант уравнения определены с помощью линейной аппроксимации вязкостно-концентрационной зависимости для гипотетических образцов продукта реакции, в которых отсутствует спиртовая

компонента (пальмовое масло и этиловые эфиры жирных кислот (ЭЭЖК)), где значения кинематической вязкости определялись стандартными вискозиметрами ВПЖ-2 с диаметром капилляра 0,56 мм (с диапазоном измеряемой кинематической вязкости от 2 до 10 мм²·с⁻¹) и 0,73 мм (для диапазона от 6 до 30 мм²·с⁻¹) с длиной 216 мм (ГОСТ 10028-81) при 40 °С по формуле:

$$\nu = (K \cdot g \cdot \tau) / 9.807 \quad (2)$$

где: ν - кинематическая вязкость жидкости (мм²/с); K - постоянная вискозиметра ($K=0,01$ для ВПЖ-2 с диаметром 0,56 мм и $K=0,03$ для ВПЖ-2 с диаметром 0,73 мм); g - ускорение свободного падения в месте проведения измерений (м/с²); τ - время истечения жидкости (с); 9,807 - ускорение свободного падения в месте калибровки прибора (м/с²).

Реакция переэтерификации пальмового масла в среде этанола в сверхкритических флюидных условиях исследовалась в температурном интервале от 593 К до 653 К при давлении 30 МПа при молярных соотношениях «этиловый спирт – рапсовое масло» от 6:1 до 20:1 на установке периодического типа [4].

Результаты исследования представлены на рис. 1, 2.

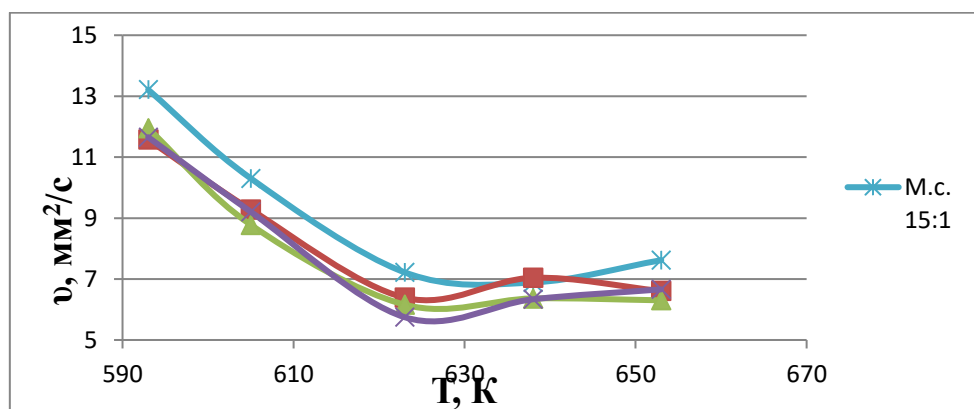


Рисунок 1. Зависимость кинематической вязкости образцов продукта реакции переэтерификации от температуры и мольного соотношения (м.с.) исходных реагентов (этанол/пальмовое масло)

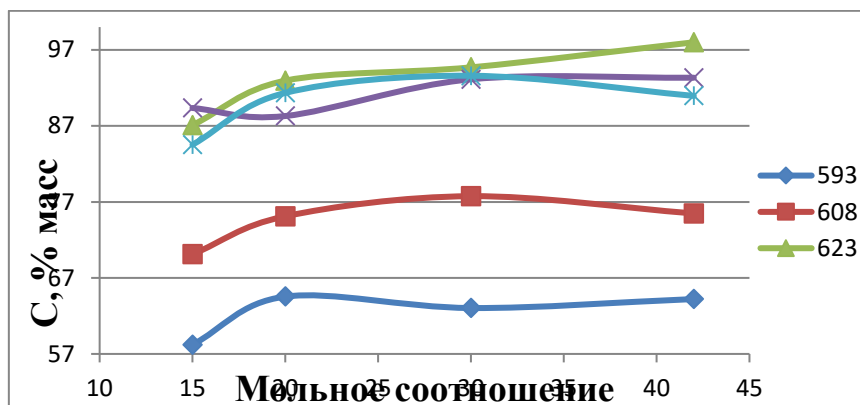


Рисунок 2. Содержание ЭЭЖК в продукте реакции (% масс) в зависимости от температуры по результатам вязкостной корреляции [формула (2)]

Из рис. 1 следует, что с ростом температуры проведения процесса и мольного соотношения исходных реагентов кинематическая вязкость образцов продукта реакции снижается.

Увеличение температуры реакции, равно как и повышение мольного соотношения спирта к маслу приводит к росту целевого продукта (рис. 2). Однако с ростом температуры от 638 К до 653 К наблюдается термическое разложение этиловых эфиров ненасыщенных жирных кислот. Это явление - результат термического разложения сложных эфиров ненасыщенных жирных кислот. Содержание таких эфиров, как этиллинолеат и этилолеат уменьшается с ростом температуры, и их содержание зачастую меньше, чем содержание соответствующих жирных кислот в исходном образце пальмового масла, что подтверждает, наличие термического разложения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. De Filippis P., Giavarini C., Scarsella M., Sorrentino M. Transesterification Processes for Vegetable Oils: A Simple Control Method of Methyl Ester Content // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1995. – V.72. – P. 1399-1404.
2. Sousa F.P., Luciano M.A., Pasa V.M.D. Thermogravimetry and Viscometry for Assessing the Ester Content (FAME and FAEE) // Fuel Processing Technology. – 2013. – V.109. – P. 133–140.
3. Габитова А.Р., Мазанов С.В., Усманов Р.А., Зарипов З.И., Гумеров Ф.М., Абдулагатов И.М. Вискозиметрия как метод определения концентрации этиловых эфиров жирных кислот в биодизельном топливе // Химия и технология топлив и масел. – 2017. - № 1. – С. 47-51.

4. Гумеров Ф.М., Усманов Р.А., Мазанов С.В. и др. Биодизельное топливо. Переэтерификация в сверхкритических флюидных условиях. Монография. – Казань: Издательство ООО «Инновационно-издательский дом «Бутлеровское наследие», 2017. – 360 с.

Ли Чжоцзюнь (Китай)

Томский политехнический университет, г.Томск

Научный руководитель: Тырышкин Александр Васильевич,
к.т.н., доцент

РАЗРАБОТКА ИНФРАКРАСНОЙ ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ДАЛЬНОСТИ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО АВТОМОБИЛЯ

Технология беспилотного вождения – это технологическая инновация, которая освобождает руки человека и повышает производительность. LiDAR – это датчик, используемый для точного получения трехмерной информации о местоположении, как и человеческий глаз, который может определять положение, размер, внешний вид и даже материал объекта. Он состоит из трех частей: передающей системы, приемной системы и обработки информации. Принцип работы лидара заключается в использовании видимых и ближних инфракрасных световых волн (в основном инфракрасного света в диапазоне 950 нм) для излучения, отражения и приема для обнаружения объектов. Лидар может определять расстояние между конкретным объектом и автомобилем днем или ночью. Лидар выполняет две основные функции в приложениях для беспилотного вождения. 3D моделирование для восприятия окружающей среды. Трехмерная модель окружающей среды автомобиля может быть получена с помощью лазерного сканирования, а окружающие автомобили и пешеходов могут быть легко обнаружены с помощью связанных алгоритмов для сравнения изменений в окружающей среде в предыдущем кадре и следующем кадре.

В системе фотоэлектрического датчика наиболее важным компонентом является оптоэлектронные компоненты, которые определяют тип фотоэлектрического датчика. Остальная часть системы – это источник света, световой путь и измерительная цепь. Фотоэлектрический датчик может обнаруживать обнаруженный объект стабильно, точно и быстро в различных условиях, поэтому он очень важен для исследования автомобилей без водителя.

Инфракрасное излучение широко известно как инфракрасный или инфракрасный свет, который является своего рода светом, невидимым для человеческого глаза. Но на самом деле это объективная субстанция, как и любой другой свет. Любой объект, если его влажность выше абсолютного нуля, будет излучать инфракрасные лучи в окружающее пространство. Его длина волны находится между видимым светом и микроволновой печью. Физическая природа инфракрасного излучения - тепловое излучение. Чем выше температура объекта, тем больше излучается инфракрасного излучения и тем сильнее энергия инфракрасного излучения. Исследования показали, что тепловые эффекты различных монохроматических источников света в солнечном спектре постепенно увеличиваются от пурпурного до красного света, и наибольший тепловой эффект возникает в частотном диапазоне инфракрасного излучения. Поэтому люди называют инфракрасное излучение тепловым излучением или тепловыми лучами.

Инфракрасные лучи нелегко рассеять при прохождении через облака, туман и другие вещества, содержащие взвешенные ионы. Они обладают высокой проникающей способностью. Они также обладают следующими характеристиками: сильной помехоустойчивостью, небольшим воздействием на окружающую среду и отсутствием помех для расположенного поблизости радиоборудования. Этим обусловлена возможность их применения в технологии автономных транспортных средств.

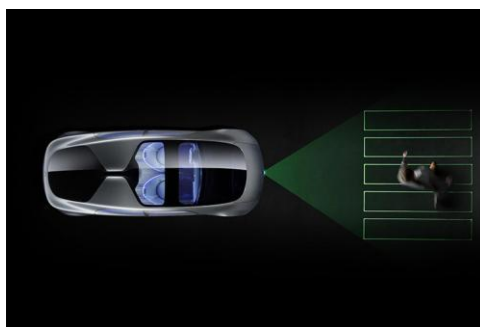


Рисунок 1. Инфракрасный датчик

Беспилотные автомобили в основном состоят из сенсорных систем, систем управления и исполнительных механизмов. Система датчиков в основном состоит из фотоэлектрических датчиков, датчиков предотвращения столкновений. Фотоэлектрические датчики являются очень важной частью. Фотоэлектрический датчик – это продукт промышленной автоматизации, который использует свет для обнаружения наличия или отсутствия объекта. Если обнаруженный объект блокирует или отражает свет, это означает, что объект был обнаружен. Что касается кон-

кретной реализации, то для обеспечения точного и быстрого обнаружения фотоэлектрического датчика в данном случае используется микроконтроллер STM32. Процессор разработан STMicroelectronics, использует высокопроизводительное 32-битное RISC ядро ARM Cortex-m3, рабочая частота – 72 МГц, содержит встроенную высокоскоростную память. Он содержит 12-разрядный АЦП, 3 универсальных 16-разрядных таймера и таймер PWM, а также стандартные и расширенные интерфейсы связи: до 2 I2C и SPI, 3 USART, 1 USB и 1 CAN. Физическая картина микроконтроллера STM32 представлена на рисунке 2 .



Рисунок 2. Физическая картина микроконтроллера STM32

Инфракрасная система измерения дальности в основном состоит из трех частей: модуля инфракрасного датчика дальности (включая инфракрасный передатчик и инфракрасный приемник), однокристалльного модуля обработки и модуля ЖК-дисплея (Рис.3).

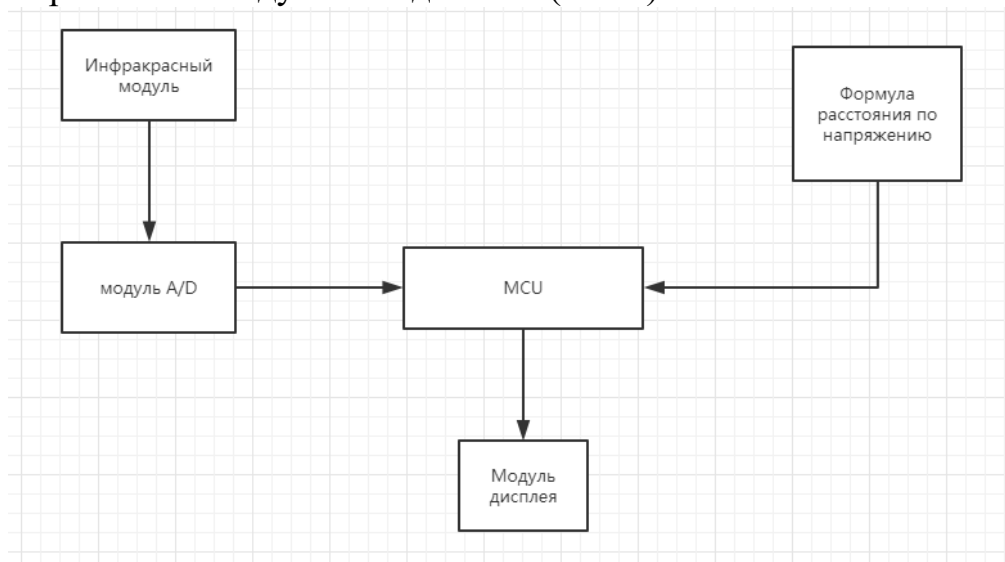


Рисунок 3. Структурная схема системы управления

После запуска инфракрасной системы сначала инициализируется микроконтроллер STM32. Затем, когда однокристалльный микрокомпьютер STM32 принимает сигнал напряжения, переданный схемой приема инфракрасного излучения, он преобразует аналоговый сигнал вне кристалла в цифровой сигнал, который однокристалльный микрокомпьютер может распознать с помощью программы аналого-цифрового преобразования, и использует подпрограмму преобразования "напряжение-расстояние". Наконец, он отображается на ЖК-дисплее с динамической разверткой.

Программное обеспечение системы инфракрасного измерения дальности в основном состоит из основной программы, программы аналого-цифрового преобразования, функции задержки, программы ЖК-дисплея и т. д. Алгоритм разработки программы следующий:

1. Проанализировать функции системы инфракрасного измерения дальности, освоить известные условия и требования оперативного управления и точно составить программу, которая может выполнить указанные задачи.

2. Определить требуемые функции и алгоритмы и выбрать соответствующие решения в соответствии с требованиями проектирования системы и функциональными характеристиками.

3. Разработать схему рабочего процесса системы, чтобы интуитивно ясно выразить общую идею дизайна программы.

4. Написать исходную программу в соответствии с блок-схемой работы системы, проанализировать функции и подфункции и написать соответствующую программу.

5. Выполнить отладку исходной программы, скомпилировать программу, чтобы удалить грамматические и функциональные ошибки, а затем записать программу в микроконтроллер для удовлетворения окончательных требований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пэн Вэй Подгонка кривой инфракрасного датчика дальности GP2D12. // Журнал Хунаньского индустриального профессионально-технического колледжа, 2012. – № 12 (1).
2. Вэй Вэй, Чжоу Лингао, Лю Цин Портативная инфракрасная дальномерная система. Электронное проектирование, 2011. – №19 (21).
3. Лю Чанхуэй, Шуай Као, Ян Вэйронг Разработка системы измерения расстояний встроенного зрения // Журнал Уханьского технологического института, 2015. – № 37 (4).

4. Мао Лин, Ли Чжэнбо, Чжан Давэй, Чэнь Цзяпинь Мобильная система позиционирования микророботов на основе инфракрасного датчика. Датчики и микросистемы, 2014. – № 33 (12).
5. Вэй Я, Ду Юнь Интеллектуальная машина на базе однокристалльного дистанционного управления ультразвуковым дальномером // Информационные технологии. 2014. – №11.
6. Чжу Цзе, Хэ Линсяо, Линь Фаньцян, Гоу Цяосинь Метод наименьших квадратов используется для размещения инфракрасной дальномерной системы по секциям. Электронные устройства, 2014. – №37 (3).
7. Ван Хуэйцзюань, Юань Цюаньбо и др. Разработка системы инфракрасной локации для мобильного робота на базе ARM.// Журнал Северо-Китайского института аэрокосмической техники, 2010. – №20 (2).
8. Хэ Хунцзян, Чэн Линь. Конструкция ультразвукового дальномера на основе протоколов STM32 и MODBUS. Контрольно-измерительная техника и датчики, 2014. – №11.
9. Ван Лин, Цзоу Сяоюй, Лю Сяо, Чэнь Бинлинь, Чжу Хунчао, Чжу Жунцзе. Исследование технологии инфракрасной дальнометрии хлопкоуборочного робота // Журнал сельскохозяйственной техники, 2014. – 45 (7).
10. Ли Луфэн На основе конструкции ультразвуковой системы управления дальностью AT89C51. Автоматизация производства, 2012. – № 34 (2).

Ли Шухуэй (Китай)
Пайгин В.Д.(Россия)

Томский политехнический университет г.Томск

Научный руководитель: Хасанов Олег Леонидович
д.т.н., профессор

ВЛИЯНИЕ ФТОРИДА ЛИТИЯ НА СПЕКАНИЕ YSZ-КЕРАМИКИ

Введение

Керамика на основе иттрий-стабилизированного диоксида циркония (YSZ) обладает высокими механическими и функциональными свойствами. Она прозрачна для электромагнитного излучения в широком диапазоне длин волн и обладает аномально высоким показателем преломления (около 2,2). В связи с этим YSZ-керамика представляется

перспективной для применения в оптоэлектронике, для производства новых источников света и в квантовой оптике [1].

Фторид лития (LiF) – широко распространенный оптический материал. Он чувствителен к ионизирующему излучению и тепловым нагрузкам [3]. LiF является легкоплавким материалом, что обуславливает его широкое применение в качестве спекающей добавки [4, 5].

В настоящей работе изучено влияние фторида лития на процессы электроимпульсного плазменного спекания YSZ-керамики.

Экспериментальная часть

Для изготовления образцов был использован коммерческий нанопорошок иттрий-стабилизированного диоксида циркония TZ-10YS (TOSOH, Япония), доля стабилизатора (Y₂O₃) в котором составляет 10 мол. % и порошок фторида лития (СХК, Россия). Мокрое смешивание порошковых компонентов проводили в шаровой мельнице в течение 48 часов. Содержание LiF в смесях составляло 0,1 – 1 мас. %. Консолидацию керамики проводили на установке SPS-515S (SPS SYNTEX INC., Япония) при температуре 1300 °С, давление подпрессовки порошка в графитовой пресс-форме составляло 100 МПа, скорость нагрева составляла 8°С/мин. Продолжительность изотермической выдержки составляла 20 минут. Изменение линейных размеров керамического материала в процессе спекания регистрировалось встроенными средствами технологического оборудования.

В результате электроимпульсного плазменного спекания были получены прозрачные керамические образцы цилиндрической формы диаметром 14 мм, высотой ~ 1,5 мм. Плотность образцов была определена измерением массы и линейных размеров, выраженная в процентах от теоретического значения, в качестве которого была принята плотность монокристалла (5,95 г/см³ [5]) ZrO₂ стабилизированного 10 мол.% Y₂O₃.

Результаты и их обсуждение

Динамика линейной усадки образцов YSZ-керамики с добавками LiF в процессе SPS-спекания при температуре 1300 °С под давлением подпрессовки 100 МПа представлена на рисунке 1.

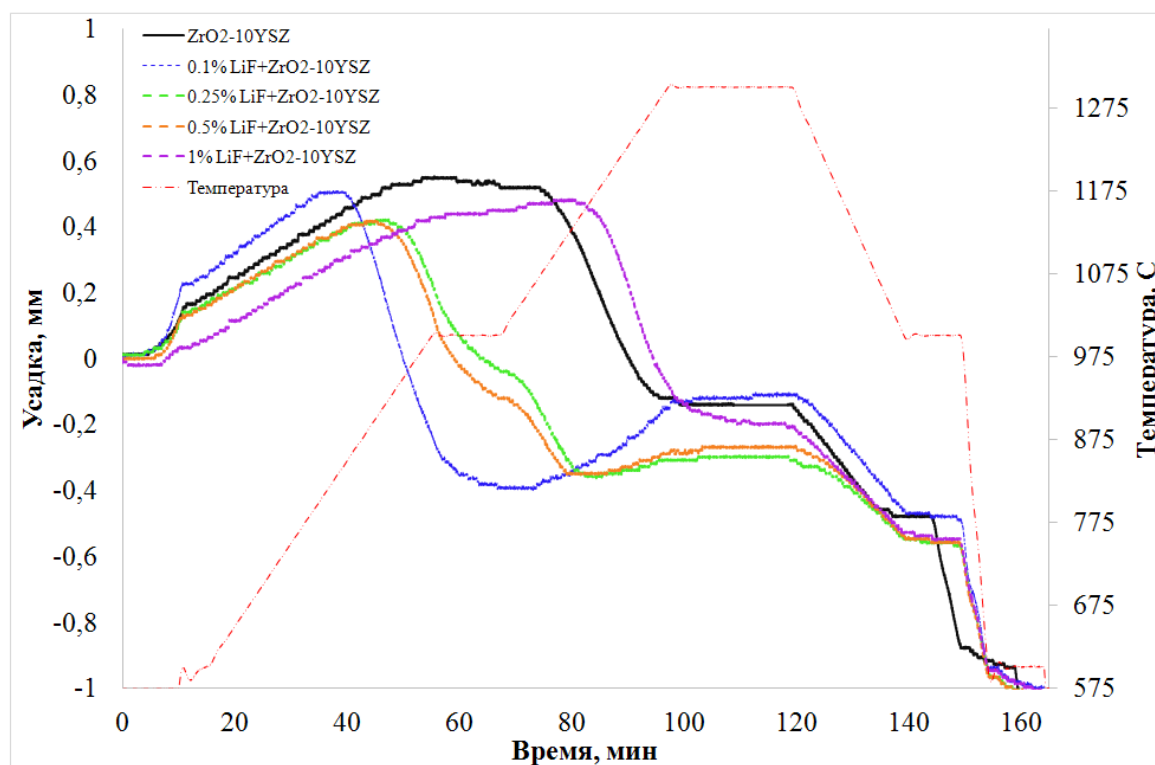


Рисунок 1. Изменение линейных размеров образцов YSZ-керамики в процессе SPS при температуре 1300 °C и давлении 100 МПа

Видно, что термическая усадка иттрий-стабилизированного диоксида циркония без добавки фторида лития начинается в диапазоне температур от 975 до 1075 °C, где происходит компенсация процессов термического расширения материала, процессами консолидации. После температуры 1075 °C процессы спекания преобладают над процессами термического расширения вплоть до температуры 1300 °C и сопровождаются понижением пористости, ростом и консолидацией зёрен.

Интенсивная усадка материала наблюдается в диапазоне температур от 1075 до 1271 °C. Добавление фторида лития в количестве от 0,1 до 0,5 мас. % приводит к смещению диапазона температур интенсивной усадки материала в область меньших температур (таблица 1). Добавление фторида лития в количестве от 0,5 до 1 мас. % приводит к смещению диапазона температур интенсивной усадки в область больших температур.

Таблица 1

Интервалы интенсивной усадки

Название	Отн. Плотн. %	Характерные температуры	
		Температура начала интенсивной усадки, °С	Температура окончания интенсивной усадки, °С
YSZ	96,75	1075	1271
YSZ+0.1% LiF	95,46	847	1000
YSZ+0.25% LiF	94,93	916	1150 °С
YSZ+0.5% LiF	94,68	895	1120 °С
YSZ+1% LiF	94,05	1150	1285 °С

Зависимость плотности YSZ-керамики от содержания фторида лития представлена на рисунке 2. Плотность полученной керамики, относительно мала для оптического материала. Это связано с тем, что определение плотности проводили до механической шлифовки и полировки материала.

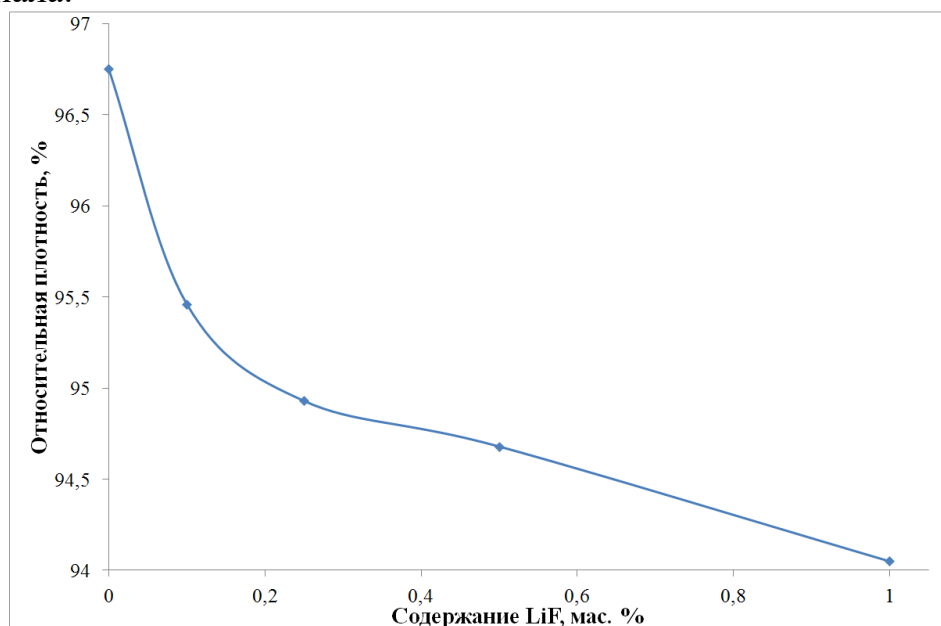


Рисунок 2. График плотности керамики от концентрации фторида лития

С увеличением концентрации от 0,1 до 1 мас. % фторида лития наблюдается понижение относительной плотности YSZ-керамики на 1,41 %.

Заключение

В результате работы получена светопропускающая YSZ-керамика с добавками фторида лития. Изучено влияние фторида лития на процесс электроимпульсного плазменного спекания керамики.

Показано, что добавление фторида лития в количестве от 0,1 до 1 мас. % приводит к изменению диапазона температур интенсивной усадки материала и понижению относительной плотности на 1,41 %.

Для получения керамики с плотностью близкой к теоретической, требуется проведение дополнительных оптимизационных работ, учитывающих влияние фторида лития на процесс спекания YSZ-керамики.

Выполнено на оборудовании НОИЦ "НМНТ" Томского политехнического университета при поддержке Госздания «Наука» FSWW-2020-0014 (5.0017.ГЗБ.2020).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Двилис Э.С., Хасанов О.Л., Пайгин В.Д., Толкачев О.С. Изготовление светопропускающей YSZ-керамики методами холодного статического одноосного и ультразвукового прессования с последующим свободным спеканием // *Фундаментальные исследования*. – 2017. – № 12-2. – С. 268-276;
2. URL: <http://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=42014> (дата обращения: 21.03.2021).
3. URL: <https://www.rstradepouse.com/item?id=100210133713> (дата обращения: 21.03.2021).
4. Моисеев С. С., Петров В. А., Степанов С. В. Оптические свойства высокопористой керамики из вторичного лития. // *Теплофизика высоких температур*. – 2008. – том 46. – № 2. – С. 268-276
5. C.-L. Tsai, M. Kopyczuk, R.J. Smith, V.H. Schmidt, Low temperature sintering of Ba(Zr_{0.8-x}Ce_xY_{0.2})O_{3-δ} using lithium fluoride additive // *Solid State Ionics*. -Volume 181, Issues 23–24. – 2010. – Pages 1083-1090. – ISSN 0167-2738,
6. Ingel R.P., Lewis D. Lattice Parameters and Density for Y₂O₃-Stabilized ZrO₂ // *J. Am. Ceram. Soc.* – 1986. – Vol. 69., №4. – P. 325-332.

Линь Чаолу (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Валиев Дамир Талгатович,
к.ф.-м.н., доцент

ЛЮМИНЕСЦЕНТНАЯ КЕРАМИКА НА ОСНОВЕ $MgAl_2O_4$, АКТИВИРОВАННАЯ ИОНАМИ РЕДКОЗЕМЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ

Люминесцентная керамика, активированная ионами редкоземельных элементов, обладает хорошими люминесцентными свойствами и химическими стойкостью, имеет широкое применение в области волоконных лазеров и светодиодного освещения [1, 2]. Алюмомагниева шпинель ($MgAl_2O_4$) (АМШ) является синтетическим материалом с кубической кристаллической структурой и отличными химическими, тепловыми, диэлектрическими, механическими и оптическими свойствами, служит хорошим материалом для изготовления люминесцентной керамики [3]. В данной работе методом спарка плазменного спекания синтезирована люминесцентная керамика на основе $MgAl_2O_4$, легированная ионами Ce^{3+} . Цель работы заключалась в исследовании влияния концентрации легирования в образцах $MgAl_2O_4: Ce^{3+}$ на структуру и люминесцентные свойства прозрачной шпинельной керамики.

Исследуемые образцы и методика эксперимента

Исследована нелегированная керамика АМШ, нелегированная и легированная ионами Ce^{3+} переменной концентрации (0,1 – 1 мас.%). В данном исследовании использовался коммерчески доступный порошок $MgAl_2O_4$ алюмомагниева шпинели (S30CR, Baikowski Malakoff Inc., США, чистота 99,999%, средний размер частиц 200 нм). Для приготовления керамических образцов, активированных редкоземельными элементами (РЗЭ), использовались порошки редкоземельных элементов CeO_2 (чистота 99,95%, средний размер частиц 100 нм, Неваторг, Россия). Перед процессом спекания механическая смесь порошка оксидов АМШ и РЗЭ смешивалась с этанолом с использованием ультразвуковой обработки высокой мощности (~ 1,2 кВт) в течение 12 мин. Полученную суспензию сушили на воздухе при 120 °С в течение 10 ч. Смешанные гомогенные порошки АМШ, АМШ: Ce^{3+} 0,1 мас.%; 0,5 мас.% и Ce^{3+} 1 мас.%, консолидировали на установке Спарк плазменного спекания (СПС) (SPS 515 S Syntex Inc., Япония) с получением плотной керамики. Требуемое количество порошка (2,8 г) помещали в графитовую фильеру с внутренним диаметром 20 мм. Условия СПС были следующие: температура спекания $T = 1400$ °С, вакуум $P = 10^{-3}$ Па, давление

72 МПа, скорость нагрева 5 °С/мин. Продолжительность нагрева 10 мин. Приготовленные керамические образцы представляли собой цилиндрические пластины толщиной 2,5 мм и диаметром 20 мм. Перед характеристикой образцы полировали на полировальной машине (300 Pro Buehler, Германия) с алмазной суспензией MetaDi (Buehler, Германия).

Спектры оптического пропускания спеченной керамики измеряли на спектрофотометрах Lomo-Photonics SF-256 UVI в спектральном диапазоне 200 – 1100 нм. Спектры излучения измеряли при комнатной температуре с помощью спектрометра на основе двух скрещенных монохроматоров возбуждения и регистрации с использованием ксеноновой лампы мощностью 150 Вт в качестве источника возбуждения. Для возбуждения импульсной катодолюминесценции (ИКЛ) использовался высокоточный ускоритель электронов ГИН-600 ($t_{1/2}$ -7 нс, средняя энергия электронов 250 кэВ, плотность энергии возбуждения ~ 23 мДж/см²). Кинетика затухания люминесценции регистрировалась фотоумножителем ФЭУ-84-6 с использованием монохроматора МДР-23 и цифрового осциллографа LeCROY (350 МГц) с временным разрешением 7 нс. Спектры люминесценции корректировались на спектральную чувствительность оптического тракта. Все измерения проводились при комнатной температуре.

Результаты

Из спектров оптического пропускания (рис. 1) видно, что в области длин волн 200 – 1100 нм коэффициент пропускания неактивированной керамики АМШ составил от 50 до 70%, а область прозрачности охватывал диапазон видимого света (400-780 нм). Показывал, что нелегированная керамика АМШ имеет хорошую прозрачность. После добавления Ce^{3+} коэффициент пропускания керамики АМШ значительно снижается. Сравнивая шпинель, легированную разной концентрацией Ce^{3+} , можно видеть, что с увеличением содержания Ce^{3+} пропускание керамики АМШ сначала увеличивается, а затем уменьшается. Керамика $\text{MgAl}_2\text{O}_4: 0.5\text{Ce}^{3+}$ имеет лучшую прозрачность. Длина волны края пропускания для нелегированной керамики АМШ составляет около 240 нм. Край пропускания керамики, легированной Ce^{3+} , увеличивается до 340 нм. Этот факт указывает на то, что наблюдается эффект красного смещения границы пропускания.

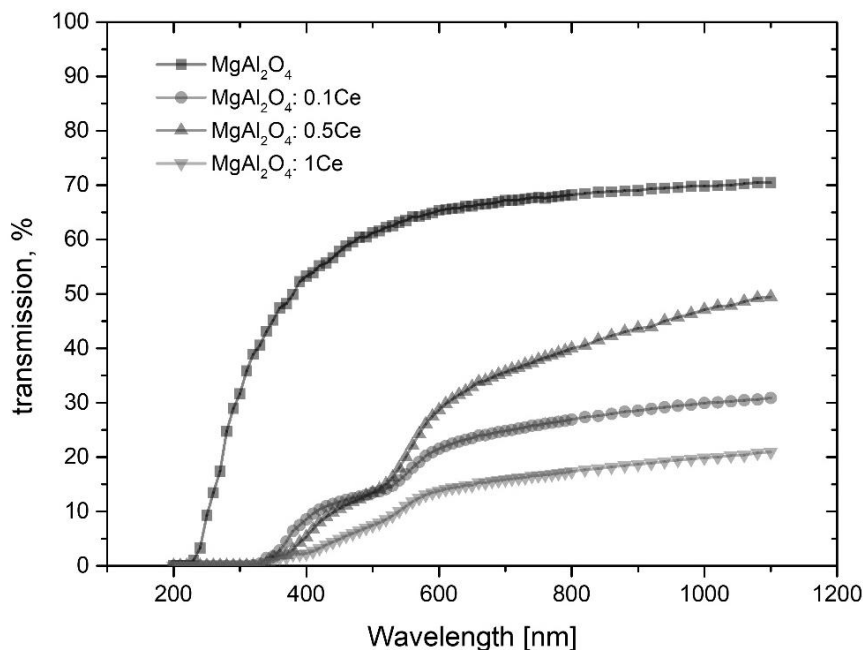


Рисунок 1. Спектры пропускания образцов $MgAl_2O_4$ и $MgAl_2O_4: Ce^{3+}$

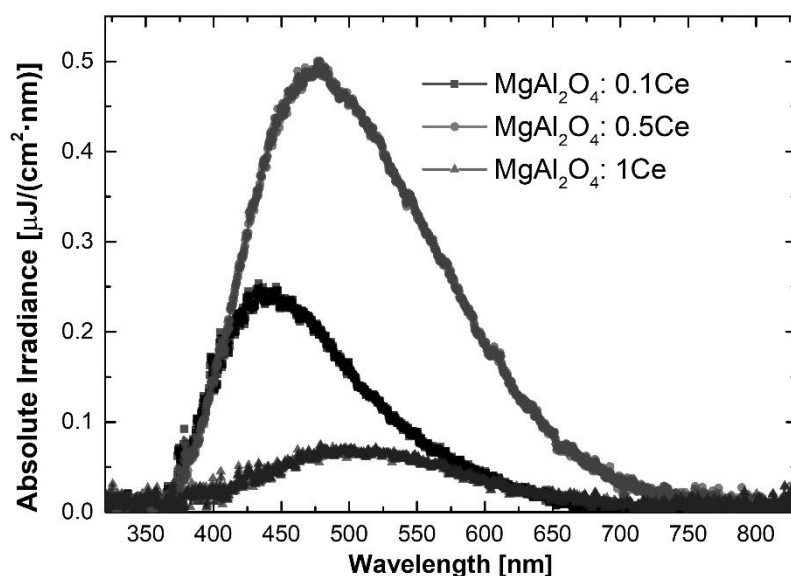


Рисунок 2. Спектры излучения образцов $MgAl_2O_4: Ce^{3+}$

На рис.2 представлены спектры излучения образцов $MgAl_2O_4$, легированных различными массовыми долями Ce^{3+} . Как видно на графике, спектр излучения $MgAl_2O_4: 0.1Ce$ имеет «пурпурную» полосу излучения в диапазоне 350–750 нм с центром около 430 нм, $MgAl_2O_4: 0.5Ce$ имеет «синюю» полосу излучения в диапазоне 350–750 нм с центром около 475 нм, $MgAl_2O_4: 1Ce$ имеет «зеленую» полосу излучения в диапазоне 350–750 нм с центром около 500 нм. Природа люминесценции может

быть обусловлена излучательными переходами в ионе церия $5d - 4f$ [4]. Это показывает, что легирование различными массовыми долями Ce^{3+} может заставить керамику $MgAl_2O_4$ излучать свет разных цветов, и с увеличением концентрации легирования интенсивность света сначала увеличивается, а затем уменьшается. В эксперименте $MgAl_2O_4: 0,5Ce$ имеет самую высокую интенсивность света.

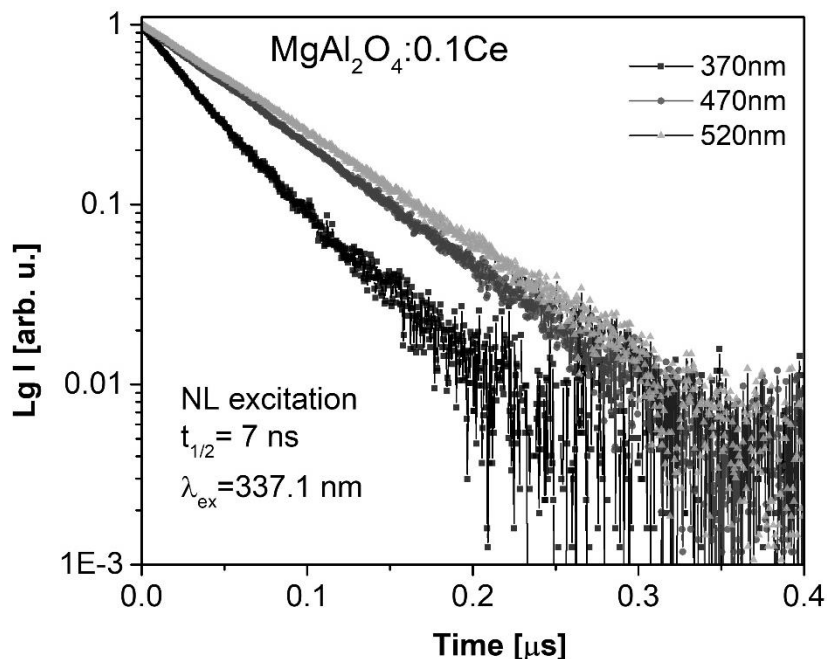


Рисунок 3. Кинетические кривые затухания для $MgAl_2O_4: 0,1Ce$, измеренные в наносекундном временном диапазоне, измеренные для длин волн: 370 нм, 470 нм, 520 нм

На рис. 3 представлена кинетика затухания люминесценции образца $MgAl_2O_4: 0,1Ce$ измеренная на 370, 470 и 520 нм, длинах волн. Показано, что затухание люминесценции в спектральных областях происходит с разным временем затухания. Свет с длиной волны имеет длительное время затухания.

Заключение

Керамика шпинели, легированная нелегированными и РЗЭ ионами, была успешно синтезирована методом СПС. Исследованы оптические и люминесцентные характеристики нелегированных и легированных РЗЭ ионами (ионами церия) АМШ. Результаты показали, что прозрачность керамики снижается после легирования ионами Се. С увеличением массовой доли легированных ионов прозрачность керамики сначала увеличивается, а затем уменьшается. Наилучшей прозрачностью обладает $MgAl_2O_4: 0.5Ce$. Анализ спектра излучения показывает, что цвет люминесценции связан с массовой долей легирования, и по мере увеличе-

ния концентрации ионов активатора интенсивность люминесценции сначала увеличивается, а затем уменьшается. $MgAl_2O_4: 0.5Ce$ имеет самую сильную освещенность. Из кривой затухания люминесценции можно наблюдать, что время люминесценции в наносекундном временном диапазоне связано с длиной волны люминесценции, а свет с большими длинами волн затухает медленно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Hua H, Feng S, Ouyang Z, Shao H, Qin H, Ding H, Du Q, Zhang Z, Jiang J, Jiang H. YAGG: Ce transparent ceramics with high luminous efficiency for solid-state lighting application // *Journal of Advanced Ceramics*. – 2019. – Т. 8., № 3. – С. 389–398.
2. Han S, Tao Y, Du Y, Yan S, Chen Y, Chen D. Luminescence Behavior of $GdVO_4: Tb$ Nanocrystals in Silica Glass-Ceramics // *Crystals*. – 2020. – Т. 10., № 5. – С. 396.
3. Ganesh I. A review on magnesium aluminate ($MgAl_2O_4$) spinel: synthesis, processing and applications // *International Materials Reviews*. – 2013. – Т. 58., № 2. – С. 63-112.
4. W. A. I. Tabaza, H. C. Swart, R. E. Kroon. Luminescence of Ce doped $MgAl_2O_4$ prepared by the combustion method // *Physica B: Condensed Matter*. – 2014. – Т. 439. – С. 109-114.

Лю Люян (Китай), Суханов Алексей Викторович,
Воскобойникова Ольга Борисовна
Томский политехнический университет, Томск

КОМПЬЮТЕРНОЕ ЗРЕНИЕ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ ПАСТЕРИЗОВАННОГО МОЛОКА

Введение

Определение кислотности молока на основе изменения цвета колориметрического сенсора с использованием технологии компьютерного зрения. Значение pH пастеризованного молока составляет 6,8, а при pH ниже 6,5 молоко считается испорченным. При уменьшении значения pH цвет колориметрического сенсора меняется от светло-зеленого до желтого. Используя обычную web-камеру с интерфейсом USB, можно отслеживать изменение цвета реагента и, следовательно, определять значение pH в режиме реального времени, путем преобразования в значе-

ния цветовых координат цветовой модели RGB. Применение соответствующего программного обеспечения и алгоритмов обработки данных позволяет более объективно сравнивать текущие значения заранее полученной колориметрической шкалой.

Ключевые слова: оценка порчи молока, значение pH, компьютерное зрение.

Подбор экспериментального оборудования

Аппаратное обеспечение: камера с интерфейсом USB, телецентрический объектив, источник заполняющего света, карта захвата изображения, Спектрофотометр, pH-метр, датчик технического зрения [1]. Программное обеспечение: NI Vision Builder AI 2018 (64-bit) [2].

Выбор образца молока

Пакетированное пастеризованное молоко можно приобрести в Томске. Температура хранения $T = (4 \pm 2)^\circ\text{C}$. Дату изготовления и срок годности можно узнать на упаковке.

Инспекционная техника на основе машинного зрения

Компьютерное зрение

Компьютерное зрение – это технология и методы, используемые для обеспечения автоматического контроля и анализа на основе изображений для таких приложений, как автоматический контроль, управление процессами и управление роботами, обычно в промышленности. Машинное зрение является подразделом инженерии, связанное с вычислительной техникой, оптикой, машиностроением и промышленной автоматизацией. Одно из наиболее распространённых приложений машинного зрения — инспекции промышленных товаров, таких как полупроводниковые чипы, автомобили, продукты питания и лекарственные препараты.

Цветовая модель RGB [3] – это модель для отображения цвета в цифровых устройствах — например, на мониторах или в цифровых камерах. В ней каждый цвет кодируется значениями базовых цветов: Red (красный), Green (зелёный) и Blue (голубой). Это три оси, которые имеют градацию значений от 0 до 255. Нулевая точка этой системы координат – чёрный, а максимальные значения по всем трём осям кодируют белый цвет. Цветовое пространство RGB широко используется при количественной оценке растворов и иммобилизованных веществ с использованием цифровой обработки изображений и специального программного обеспечения, которое позволяет извлекать колориметрическую информацию путем выбора областей интересов на изображении [4].

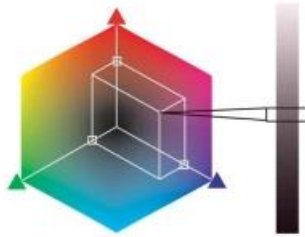


Рисунок 1. Цветовая модель RGB

Анализ цветовой шкалы

Используйте индикатор для проверки молока разной свежести. Запишите соответствующее значение рН и проведите тренировку.

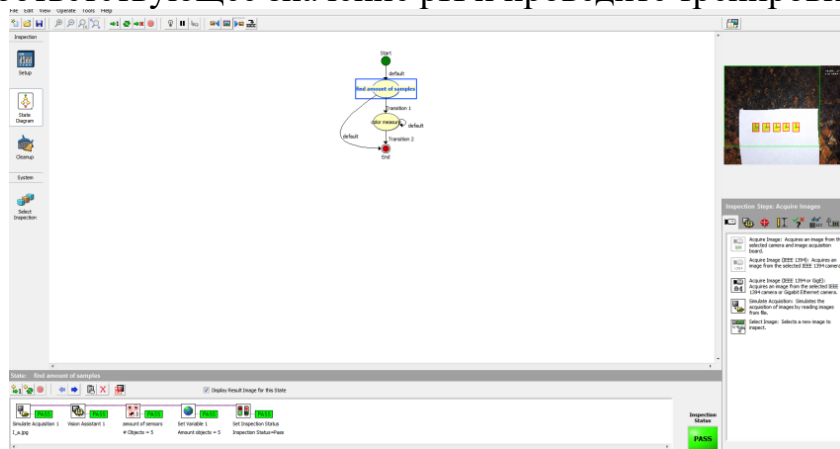


Рисунок 2. Нахождение образцов на изображении

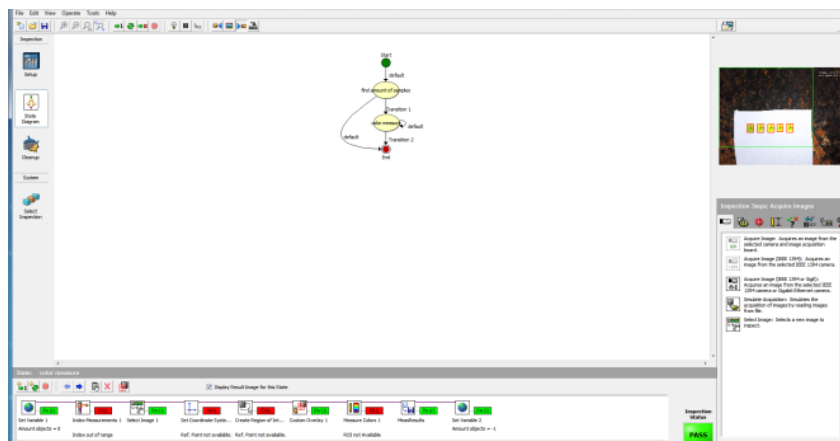


Рисунок 3. Измерение цветковых координат обнаруженных на изображении образцов

Получение цветовой шкалы для сравнения

В качестве колориметрического сенсора для определения рН был использован рН чувствительный элемент на основе бромкрезолового пурпурного иммобилизованного в полимерную матрицу [5].

Образцы колориметрических сенсоров были погружены в 50 мл пастеризованного молока с различным значением рН до установления кислотно-основного равновесия. После извлечения были получены из фотографии при постоянных условиях освещения и измерены значения рН образцов молока. Полученные изображения были обработаны с использованием разработанного алгоритма для извлечения цветометрических координат в RGB цветовом пространстве. Зависимость цветометрических координат от рН молока представлены на рисунке 3. Уравнения, описывающие полученные зависимости и их коэффициенты корреляции представлены в таблице 1. Также здесь представлены значения рН, полученных расчетным способом по цветометрическим координатам и значения относительной ошибки. Видно, что при использовании координаты R значение относительной ошибки не превышает 5,4%, для G 5,2%. Значения R, G координат могут быть использованы для практического расчета значения рН.

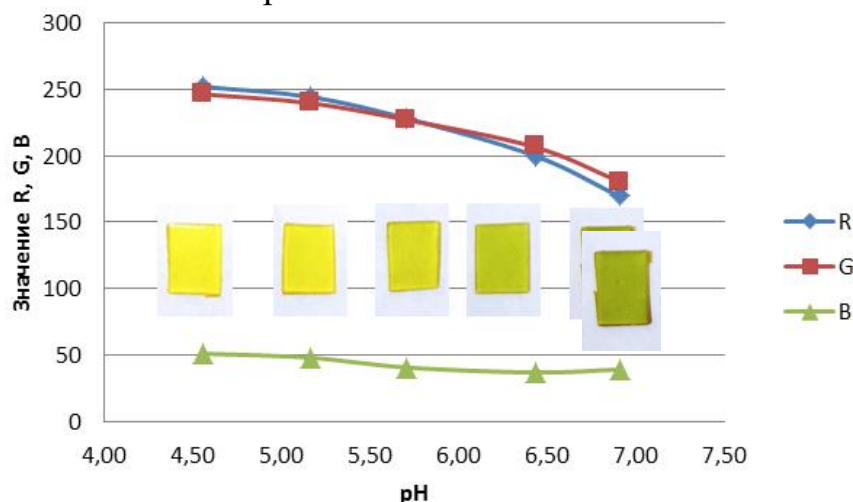


Рисунок 4. Зависимость R, G, B координат от рН молока и образцы колориметрических сенсоров

Таблица 1

рН _{изм}	$R = -34.796 \cdot pH + 418.79$ $r = 0.97$		$G = -27.316 \cdot pH + 377.02$ $r = 0.97$		$B = -5.8889 \cdot pH + 77.381$ $r = 0.92$	
	рН _{расч.}	δ %	рН _{расч.}	δ %	рН _{расч.}	δ %
6.91	7.17	3.7	7.20	4.1	6.44	6.9
6.43	6.29	2.2	6.25	2.9	6.81	5.9
5.71	5.49	3.9	5.50	3.7	6.19	8.4
5.16	5.02	2.7	5.04	2.4	4.92	4.6
4.55	4.80	5.4	4.79	5.2	4.41	3.2

Вывод

Предложена возможность определения степени порчи молока на основе машинного зрения. Вы можете использовать программное обеспечение NI Vision Builder AI для мониторинга pH молока в режиме реального времени и сравнения его с обучающими образцами для контроля качества молока.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карстен Стегер, Маркус Ульрих, Кристиан Видеманн, Алгоритмы и приложения машинного зрения.
2. Ян Бо, программирование и отладка системы промышленного зрения (на основе системы технического зрения VBAI).
3. Чен Цзябинь; Ван Кэцян, Алгоритм коррекции насыщенности на основе цветового пространства HSI, электронное качество, 2016-06-20.
4. Ю. Шишкин, С.Г. Дмитриенко, О.М. Медведева, С.А.Бадакова, Л. Пяткова, Использование сканера и программного обеспечения для цифровой обработки изображений для количественного определения адсорбированных веществ, J. Anal. Chem. 59 (2004) 102-106.
5. Gavrilenko, N.A., Saranchina, N.V., Sukhanov, A.V., Fedan, D.A. Reversible pH-sensitive element based on bromocresol purple immobilized into the polymethacrylate matrix (2018) Mendeleev Communications, 28 (4), pp. 450-452.

Лю Юаньсюнь (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Ковалевская Жанна Геннадьевна,
д.т.н., доцент

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СЕЛЕКТИВНОЙ ЭЛЕКТРОННО-ЛУЧЕВОЙ ТЕХНОЛОГИИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ИНТЕРМЕТАЛЛИДОВ Ti-Al

Современное производство стремительно развивается благодаря широкому использованию металлических сплавов. Металлические сплавы обладают превосходными свойствами и легко обрабатываются в различные детали, и при этом имеют достаточную прочность. Но, в настоящее время рабочее оборудование используется в более жестких

условиях (высокая температура, агрессивные среды), а имеющиеся материалы уже не в состоянии удовлетворить потребности людей.

Недавние исследования новых высокотемпературных конструкционных материалов повысили интерес к интерметаллидам, так как они демонстрируют хорошие высокотемпературные свойства из-за своего строения с дальним порядком. Упорядоченная структура снижает подвижность дислокаций и более эффективно предотвращает процессы диффузии при повышенных температурах [1].

Замечательный баланс свойств обнаружен у алюминидов титана. Это способствовало разработке сплавов на их основе, предназначенных для использования в качестве легких высокотемпературных материалов. Содержание алюминия в этих сплавах составляет широкий диапазон, предназначенный для улучшения их характеристик.

Перспективность использования материалов на основе алюминидов титана расширяется в связи с развитием работ по созданию нового поколения гиперзвуковых воздушно-космических летательных аппаратов, причем рассматривается применение их, как в элементах обшивки, так и в конструкциях реактивных двигателей. Алюминиды титана могут широко применяться в транспортном машиностроении (двигателе- и автомобилестроение).

Для того, чтобы сделать алюминиды титана коммерческими материалами, исследуются и применяются различные методы производства. В связи с низкой пластичностью и вязкостью разрушения данный материал является проблемным, и традиционные методы производства трудно поддаются применению. Традиционные методы легирования и создания слитков включают индукционную плавку, вакуумную дуговую переплавку и плазменную плавку. Далее применяются традиционные методы производства заготовок, такие как литье, ковка или порошковая металлургия, но все они сопровождаются трудностями, которые необходимо преодолеть.

В последние годы ученые по всему миру занимаются изучением возможности создания деталей с помощью аддитивных технологий. Селективная электронно-лучевая плавка или *selective electron beam melting (SEBM)* является широко используемым методом аддитивного производства металлических деталей из титановых сплавов [2]. Она основана на новой концепции материаловедения, которая начинается с 3D модели детали для автоматизированного проектирования (CAD). CAD-модель нарезается программным обеспечением слоями в соответствии с определенной толщиной, так что трехмерные данные формы объединяют серию двухмерных данных суперпозиции, а затем в соответствии с информацией о форме каждого слоя через систему формовки с ЧПУ. За-

тем, в соответствии с информацией о форме каждого слоя, формирующий материал расплавляется и укладывается слой за слоем, управляя электронным пучком, чтобы в конечном итоге получить спроектированный произвольной сложной формы, структуры и определенных функций детали [3].

Большой интерес сегодня вызывает SEBM изделий с использованием электронно-лучевого источника плавления, где вместо порошка используется присадочная проволока [4]. Схема такого процесса представлена на рисунке 1.

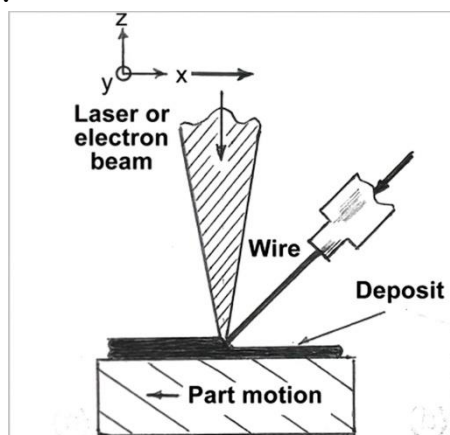


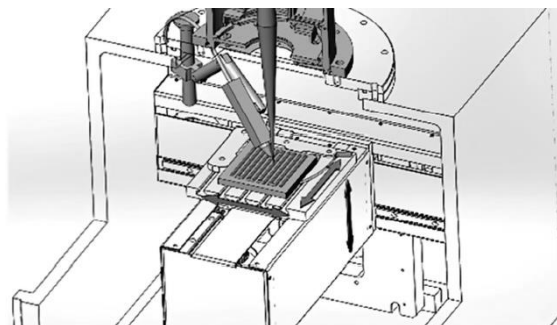
Рисунок 1. Схема технологического процесса изготовления изделия SEBM с использованием подачи проволоки

Именно таким способом можно получать сплавы системы Ti-Al любого состава. Для этого необходимо осуществлять подачу двух проволок вместо одной. Меняя соотношение толщины проволоки или скорости подачи, можно получить сплав любого состава.

В ТПУ в Центре аддитивных технологий есть оборудование для проведения эксперимента. Это разработанная в 2015 году модульная установка для электронно-лучевой наплавки порошков и проволоки. Установка включает вакуумную камеру с электронно-лучевой пушкой, плазменным эмиттером и модульными манипуляторами, позволяющими послойно плакировать порошки электронно-лучевым плавлением или сварочной проволокой (рис.2) [5].



а



б

Рисунок 2. Внешний вид машины SEBM (а) и схема блока печати (б)

Технические характеристики машины, следующие: ускоряющее напряжение 40 кВ, базовое давление 5×10^{-3} Па, максимальный ток пучка 200 мА, минимальный диаметр пучка тока 150 мкм, размеры площадки 150×150 мм, потребляемая мощность 6 кВт.

При плавлении в зону формирования ванны расплава поступает металл в виде проволоки Ti и проволоки Al. Диаметр проволоки одинаковый – 1 мм, скорость подачи тоже одинаковая. Найдем концентрацию компонентов Ti и Al в получаемом сплаве. Концентрация по весу компонентов Ti и Al в получаемом сплаве $Al = 37.5\%$ и $Ti = 67.5\%$.

Согласно диаграмме состояния системы Ti-Al, в процессе формирования изделия получится сплав, состоящий выше 1050°C из интерметаллида Ti_3Al и ниже 1050°C – из интерметаллидов Ti_3Al и $TiAl$.

Сплавы такого состава перспективны для получения деталей, работающих в жестких условиях [6].

Заключение

Анализ характеристик установки и ранее проведенные исследования показали, что метод получения сплавов системы Ti-Al с помощью технологии SEBM двумя проволоками является новым и перспективным. Таким способом могут быть получены сплавы Ti-Al любого состава.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Sauthoff G. Intermetallics // G. Sauthoff. – Weinheim: VCH – 1995. – 165 pp.
2. Tong J., Bowen C. R., Persson J., Plummer A. Mechanical properties of titanium-based Ti-6Al-4V alloys manufactured by powder bed ad-

- ditive manufacture. // *Materials Science and Technology*. – 2017. – V. 33, №. 2. – P. 138-148.
3. Ma M., Лян Ё., Чжан Ч. Современное состояние и перспективы исследований по приготовлению высокоэнтропийных сплавов по аддитивной технологии производства // *Материалы прямые*. – 2020. – №34(17). – С.17082-17088.
 4. Murr L.E. A metallographic review of 3D printing/additive manufacturing of metal and alloy products and components // *Metallography, microstructure and analysis*. – 2018. – №7. – P. 103-132.
 5. Fedorov V.V., Klimenov V.A., Batranin A.V., Ranga P. Development of electron-beam equipment and technology for additive layer-wise wire cladding // *AIP Conference Proceedings*. AIP Publishing LLC. – 2019. – V. 2167, № 1. – P. 020097.
 6. Körner C. Additive manufacturing of metallic components by selective electron beam melting – a review // *International Materials Reviews*. – 2016. – Vol. 61, № 5. – P. 361-377.

Лян Ичэн (Китай)

Кузьменко Егор Дмитриевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Пустовых Ольга Сергеевна, ассистент

АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ КОЛЕСНИЦЫ, УКАЗЫВАЮЩЕЙ НА ЮГ

Колесница, указывающая на юг, была древнекитайским колесным транспортным средством с механическим приводом, используемым для определения южного направления. Считается, что впервые колесницу, указывающую на юг, изобрел император Хуан Ди, примерно в 2634 году до нашей эры, чтобы вывести свои войска из-под дымовой завесы противника. Древнейшее сохранившееся до нашего времени письменное описание колесницы, указывающей на юг, принадлежит Фу Сюаню (217-278 года н. э.). Данный механизм несколько раз терялся и изобретался заново, и в каждом случае изобретатели получали большое признание. В книге "Гений Китая: 3000 лет науки, открытий и изобретений" автор Роберт Темпл описывает устройство как "большую карету длиной 3,3 метра, глубиной 3,3 метра и шириной 2,75 метра, увенчанную нефритовой статуей "бессмертного" мудреца. Рука фигуры была поднята, указывая вперед, и она всегда была направлена на юг, независимо от

того, в какую сторону поворачивала колесница. Даже если бы дорога была круговой, нефритовая фигура вращалась бы, указывая пальцем в том же направлении [1].

Когда колесное транспортное средство поворачивает, колеса на противоположных сторонах транспортного средства должны поворачиваться с разной скоростью, поскольку ближняя сторона проходит меньшее расстояние, чем дальняя. С ручной тележкой или конным экипажем это может не представлять таких проблем. Но если к оси транспортного средства прилагается сила, заставляющая колеса вращаться, то, как можно позволить одному колесу немного ускориться, а другому немного замедлиться на той же оси? Это стало возможным благодаря дифференциальной передаче. Таким образом, суть изобретения заключается в зубчатом механизме внутри закрытого корпуса колесницы. Дифференциальное движение колес приводило в движение шестерни, что, в свою очередь, заставляло стацию поворачиваться на тот же угол, что и колесница, но в противоположном направлении [2].

Существуют мнения, что колесница имела церемониальное значение, но также считается, что колесница, имела прикладное навигационное значение. В подкрепление первой версии выдвигаются доказательства, что колесница, работает только на твердой и ровной земле. Также отмечается, важность точности при постройке колесницы. Подсчитано, что разница между окружностями колес всего в один процент приведет к изменению направления указательной фигуры на целых 90 процентов на расстоянии, в пятьдесят раз превышающем расстояние между двумя колесами. Это было вызвано тем, что карета все больше и больше отклонялась в сторону, если одно колесо было меньше. Таким образом, для этого изобретения, размер дорожных колес должен был быть точным с погрешностью намного меньше одного процента [3]. Но для подобных предположений существуют веские контраргументы. Во-первых, при использовании колесницы, к ней приставлялись, минимум два воина, следивших за тем, чтобы колеса никогда не отрывались от земли. Во-вторых, применение колесницы, осуществлялось на равнинной территории, на которой обеспечение точности показания было доступно. Также данное изобретение нередко сравнивают с одомером Архимеда, реальное применение которого доказано.

По проведенному исследованию было выдвинуто предположение, что дифференциал в течение всего времени передвижения колесницы не использовался постоянно. Это связано с тем, что достижение абсолютной точности при производстве подобных механизмов практически невозможно. Анализ представляет, что если механизм колесницы, указывающей на юг, основан на дифференциале, а расстояние между колес

колесницы, согласно Темплу, 2,75 метра и данные колеса по диаметру различаются, не более, чем на одну тысячную, то если колесница, указывающая на юг, преодолет тысячу метров, то фигура отклонится на 19 градусов. Если колесница преодолет девять тысяч метров, фигура повернется на 180 градусов. Для обеспечения точности показаний диаметры колес не должны отличаться друг на друга на 0,001 %. Таким образом, вероятнее всего, фигура, указывающая на юг, закреплена, когда она двигалась по прямой, т.е. разьединена с дифференциалом, и соединена с дифференциальной передачей при поворотах. Воины, отвечающие за колесницу, могли бы производить соединять фигуру и дифференциал, непосредственно перед и после каждого поворота.

Само устройство дифференциала в колеснице схоже с дифференциальной передачей в автомобиле. Дифференциал – это совокупность шестерен, которые имеют три вала, связывающие их с внешним миром. Обозначим валы как А, В и С. Шестерни приводят к тому, что скорость вращения вала А эквивалентна сумме скоростей вращения остальных валов. В автомобиле вал А присоединен к двигателю, а валы В и С соединены с двумя колесами. Когда автомобиль поворачивается, внешнее колесо, должно катиться дальше и вращаться быстрее, чем внутреннее колесо. Дифференциальная передача решает данный вопрос. В колеснице, указывающей на юг, вал В соединяется с дорожным колесом, а вал С был соединен через механизм реверса направления с другим колесом. Таким образом, вал А вращался со скоростью, пропорциональной разнице скорости вращения колес. Фигура мудреца соединена с валом А. При передвижении по прямолинейной траектории колеса вращались с одинаковой скоростью, а фигура не двигалась. На повороте, колеса вращались с разной скоростью, поэтому дифференциальная передача заставляла фигуру мудреца поворачиваться, компенсируя поворот колесницы [4].

Таким образом, колесница, указывающая на юг, была работоспособна в Древнем Китае.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Temple, R. The Genius of China: 3,000 Years of Science, Discovery, and Invention / R. Temple, J. Needham. – L.: Publisher Prion, 1998. – 260 p.
2. The Chinese South-Pointing Chariot [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.lockhaven.edu/~dsimanek/make-chinese/southpointingcarriage.htm>. (дата обращения 8.03.2021).

3. Remarkable South-Pointing Chariot – Ancient Cybernetic Machine Invented 1,700 Years Ago Is An Engineering Masterpiece [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://www.ancientpages.com/2014/07/17/remarkable-south-pointing-chariot-ancient-cybernetic-machine-invented-1700-years-ago-is-an-engineering-masterpiece/>. (дата обращения 8.03.2021).
4. South-Pointing Chariot [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://alchetron.com/South-pointing-chariot>. (дата обращения 8.03.2021).

Маамо М. Шико (Сирия)

Московский авиационный институт, г. Москва

Научный руководитель: Афонин Александр Анатольевич, к. т. н., доцент

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ВИБРАЦИИ КРЫЛА САМОЛЕТА НА ОСНОВЕ МИКРОМЕХАНИЧЕСКИХ ИНЕРЦИАЛЬНЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ БЛОКОВ И ТЕХНОЛОГИИ СЛИЯНИЯ СЕНСОРНОЙ ИНФОРМАЦИИ

На сегодняшний день конструкции из тонкостенных балок используются в качестве основных структурных компонентов крыла самолета. Применение этих структур в современных летательных аппаратах (ЛА) значительно расширилось с появлением волокнистых композиционных материалов. В сочетании с относительной легкостью самолеты имеют тенденцию становиться очень гибкими, демонстрируя, например, большую деформацию крыла при нормальных эксплуатационных нагрузках, что существенно сказывается на их аэродинамических и прочностных характеристиках [1,2], следовательно, использование системы измерения параметров вибрации (СИПВ) крыла становится необходимым для диагностики его состояния, прогнозирования появления и развития его дефектов [3,4].

Существующие СИПВ крыла самолета обычно реализуются на основе: пьезоэлектрических акселерометров, оптических датчиков или МЭМС-акселерометров. К достоинствам СИПВ, построенной на основе пьезоэлектрических акселерометров, можно отнести: достаточную точность; устойчивость к вибрациям, ударным воздействиям и высоким температурам. К ее недостаткам относятся: высокая стоимость и энергопотребление, значительные масса и габариты с учетом монтажных устройств и громоздких усилителей заряда; искажение сигналов при

измерении низкочастотных ускорений, приводящие к значительным ошибкам при переходе к виброскорости и виброперемещению. Традиционные способы крепления, значительные масса и габариты датчиков негативно влияют на частотный диапазон измерения, искажают частотные свойства объектов исследований (особенно малогабаритных, тонкостенных), затрудняют применение СИПВ в основных режимах эксплуатации ЛА.

СИПВ, построенная на основе оптических датчиков, обладает следующими преимуществами: достаточная точность; используемые датчики являются бесконтактными, т.е. практически отсутствует искажение истинной картины колебаний объекта исследования; используемые датчики нечувствительны к магнитным полям, электростатическим помехам, ионизирующему излучению. К недостаткам такой СИПВ относятся: значительные масса, габариты, энергопотребление, высокая стоимость; возможность ложных срабатываний при работе в условиях высокой запыленности, тумана, интенсивной внешней засветки, низких температур, сильной вибрации, что затрудняет ее применения в процессе эксплуатации ЛА; трудоемкость процедуры совмещения оптических осей излучателей и приемников датчиков при их монтаже; алгоритмы обработки сигналов такой СИПВ требуют весьма высокопроизводительных компьютеров.

СИПВ на основе МЭМС-акселерометров имеет следующие преимущества: небольшие масса, габариты, стоимость, энергопотребление; незначительное искажение сигналов в области низких частот; возможность применения на малогабаритных и тонкостенных структурах без существенного искажения их истинной картины колебаний, в том числе, благодаря возможности беспроводного исполнения. К ее недостаткам относятся: относительно невысокая точность и значительная нестабильность характеристик.

Предлагаемая СИПВ строится на основе микромеханических инерциальных измерительных блоков (МИИБ) с использованием технологии слияния сенсорной информации. Соответственно она будет преимущественно обладать общими чертами с СИПВ на основе МЭМС-акселерометров, а также в некоторой степени с СИПВ на базе пьезоэлектрических акселерометров. При этом предполагается, что при ее построении удастся преодолеть основные отмеченные выше недостатки, а к ее ключевым преимуществам можно будет отнести: достаточную точность, в связи с применением комплексной оптимальной обработки информации разных источников, например, МИИБ, навигационного комплекса (НК) и датчика перемещений (ДП), позволяющей оценивать и корректировать их основные погрешности; большую информатив-

ность, поскольку предлагаемая СИПВ сможет непрерывно формировать всю полноту информации о параметрах вибрации точек измерения (виброускорение, виброскорость, виброперемещение и др.); невысокие стоимость и энергопотребление, небольшие массу и габариты системы, что позволяет ее использование при измерении параметров вибрации даже относительно небольших механических структур, в том числе тонкостенных; система сможет работать как при стационарном положении объекта (в лаборатории или на предприятии), так и в процессе его эксплуатации (в том числе на аэродроме или в полете), поскольку предлагаемая СИПВ непрерывно имеет всю полноту информацию о параметрах ориентации и навигации объекта исследований; простота оснащения самолета системой такого типа связана в первую очередь с необходимостью относительного несложного монтажа МИИБ в точки измерения. При этом большинство современных ЛА обладают собственными НК, а некоторые перспективные самолеты оснащены ДП встроенными в их крылья. Вариант схемы аппаратного состава СИПВ представлен на рис. 1, где R_L – геоцентрический радиус-вектор положения точки O объекта, измеряемый НК; RM_1 – геоцентрический радиус-вектор положения точки O_1 объекта, измеряемый на основе показаний МИИБ1; RM_2 – геоцентрический радиус-вектор положения точки O_2 объекта, измеряемый на основе показаний МИИБ2; RK_1 – вектор, характеризующий положения O_1 относительно O ; RK_2 – вектор, характеризующий положения O_2 относительно O_1 , измеряемый ДП; u – вектор угловой скорости собственного вращения Земли; XYZ – связанная с объектом правая система координат, где ось X – направлена по его продольной оси, а ось Z – по правому крылу. Для СИПВ в качестве базовой выбрана правая Земная экваториальная (гринвичская) система координат с началом отсчёта в центре Земли и ортами ξ , η , ζ , где ξ лежит на пересечении плоскостей экватора и Гринвичского меридиана, ζ направлен по оси вращения Земли.

Из рис. 1 видно, что для измерения вибрации балки (например, крыла) в ее конец установлен МИИБ2, на ней расположен ДП, на основании (например, фюзеляже) возле ее начала установлен МИИБ1. При этом СИПВ объединяет МИИБ2, МИИБ1, ДП, а также бортовой НК, с целью повышения точности измерения параметров вибрации балки. При измерении вибрации механических структур ЛА в режиме полета, можно использовать информацию НК, присутствующего на борту, в рамках же наземных тестов, можно использовать другие источники информации о координатах объекта исследования.

Следует отметить, что одним из важных преимуществ предлагаемой схемы является возможность введения нескольких точек для изме-

рения вибрации балки (крыла) или сложной конструкции, например, крыла самолета с изменяемой стреловидностью. Для этого в каждую из представляющих интерес точек требуется поставить дополнительный МШИБ, который может быть дополнен ДП. Кроме того, в упрощённом случае МШИБ1 может быть исключен, тогда вместо него непосредственно используется НК.

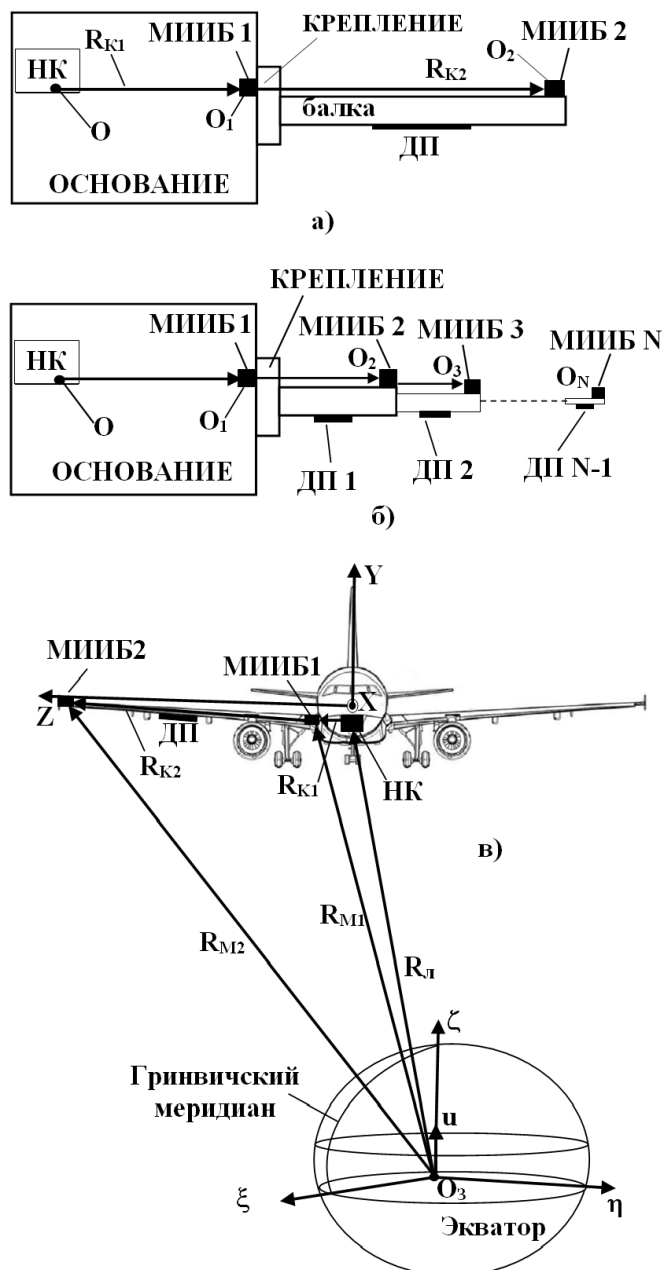


Рисунок 1. Базовая (а) и расширенная (б) схемы аппаратного состава системы для измерения вибраций объекта исследования (балки) относительно основания, пример аппаратного состава СИПВ крыла самолета (в)

На рис. 2 представлена общая структура СИПВ крыла самолета. В нее входят источники первичной информации, вычислительный модуль, устройства хранения и отображения информации.

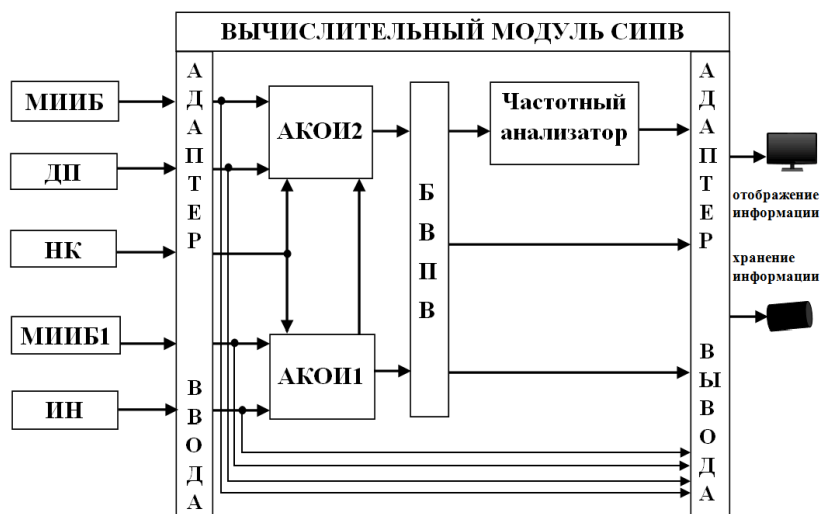


Рисунок 2. Общая структура СИПВ крыла самолета. АКОИ – алгоритм комплексной обработки информации; БВПВ – блок вычисления параметров вибрации; ИН – информационный накопитель

В итоге, используя измеряемые и вычисляемые параметры можно определять характеристики вибрации во временной и частотной области для их накопления, отображения и анализа. Работа выполнена при финансовой поддержке по гранту РФФИ № 19-08-00279а.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Eken, S., Free vibration analysis of composite aircraft wings modeled as thin-walled beams with NACA airfoil sections. *Thin-Walled Structures*, 2019. 139: p. 362-371.
2. Тиц, С.Н., Контроль наличия повреждений авиационных конструкций из композиционных материалов по вибрационным характеристикам. Самара., 2009.-10с, 2009.
3. Бернс, В.А., et al., Идентификация дефектов летательных аппаратов по параметрам вибраций в процессе эксплуатации. Доклады Академии наук высшей школы Российской Федерации, 2015(2): p. 24-42.
4. Косицын, А. and А. Шейников, Диагностика повреждений узлов крепления крыла самолета по параметрам вибрации. Приборы и методы измерений, 2013(2 (7)).

Маджидов Абдулло Шарифхуджаевич (Таджикистан)

Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва

АНАЛИЗ ПУСКОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК АСИНХРОННОГО ДВИГАТЕЛЯ С УЧЕТОМ ИЗМЕНЕНИЯ СКОРОСТИ ВРАЩЕНИЯ

Аннотация. Сегодня наиболее широко используемым двигателем в современных системах электропривода, особенно в системах электро-снабжения собственных нужд электростанций и подстанций являются асинхронные двигатели. Выбор напряжения, рода тока и скорости вращения асинхронные двигатели определяется их предназначением и важностью в современных системах электропривода. С повышением мощности собственных нужд электростанций и индивидуальной мощности сам двигатель очень важную роль играют их пусковые характеристики и способность сохранять устойчивость работы при переходном процессе. С учетом всего изложенного в данной работе анализируем пусковые характеристики асинхронного двигателя с учетом изменения скорости вращения.

Ключевые слова: асинхронный двигатель, ротор, статор, пуск, торможение, скорость вращения, момент, скольжение, потокосцепление, устойчивость

Пуск и торможение асинхронных двигателей нередко связаны с настолько значительными ускорениями ротора, что последними уже нельзя пренебречь при расчете переходного режима [1, 2, 3]:

$$e_s \approx (p + j\omega_r) \cdot \psi_s \quad (1)$$

уже неудобно для определения потокосцеплений ψ_s , так как величина ω_r является быстро меняющейся величиной. Поэтому методы расчета переходных режимов с постоянной скоростью либо при малых колебаниях скорости вращения здесь неприемлемы.

Типичная осциллограмма пуска асинхронного двигателя с быстрым изменением скорости [1, 2, 3] представлена на рис.1, а).

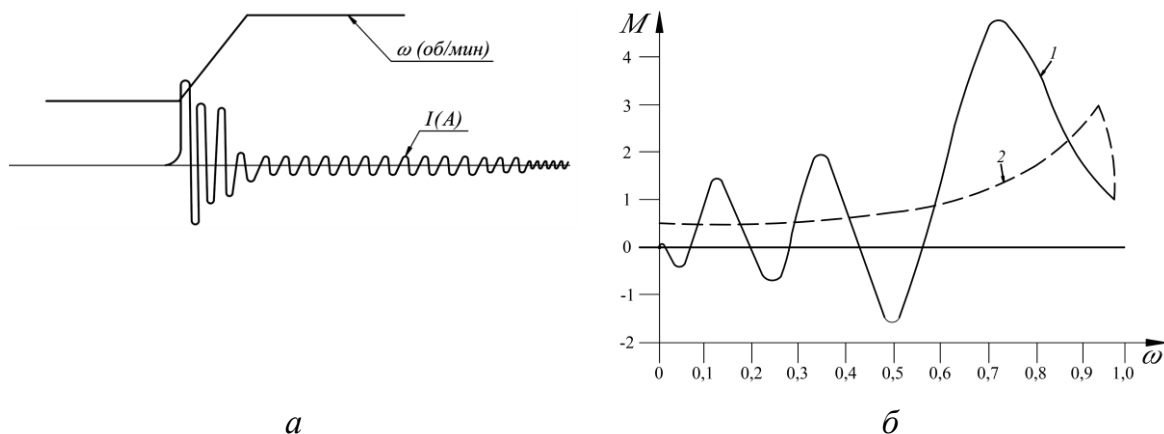


Рисунок 1. Осциллограмма пуска асинхронных двигателей, обладающей малой механической инерцией (а); электромагнитный вращающий момент асинхронных двигателей при быстром замедлении (б):

1 – зависимость $M = f(\omega)$; 2 – статическая характеристика

Как показано на рис.1, б) при быстро замедлении:

$$s_0 = 0,01; \quad 2a = \frac{1}{12 \cdot \pi}; \quad s = 0,01 + \frac{t}{12 \cdot \pi} \quad (2)$$

На рис.1, б) показано сравнение статического вращающего момента с вращающим моментом, имеющим место при быстром торможении ротора с изменением скорости по линейному закону. На рис.2 представлен рассчитанный методом последовательных интервалов пуск асинхронного двигателя с относительно малой постоянной инерции. Данные заимствованы из работы Лайбла [4].

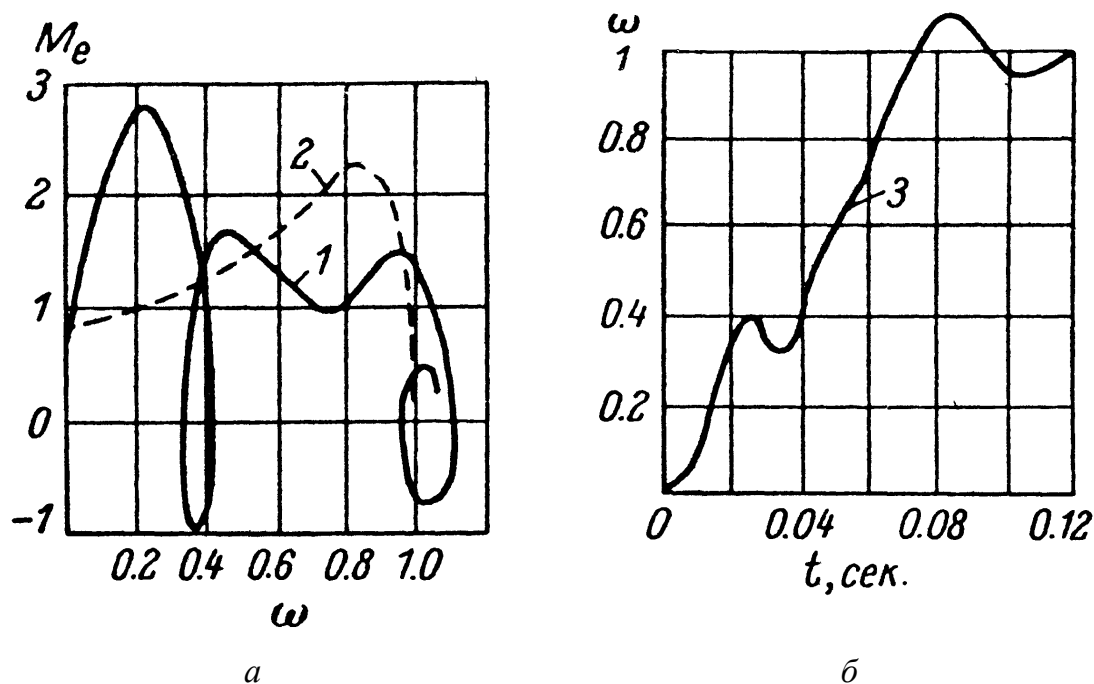


Рисунок 2. Электромагнитный вращающий момент (а) и скорость вращения ротора (б) асинхронного двигателя при быстром пуске:

- 1 – зависимость $M_e = f(\omega)$; 2 – статическая характеристика;
3 – кривая $\omega = f(t)$.

Практически можно судить о необходимости учета влияния ускорения при пуске асинхронного двигателя, сравнивая величину механической постоянной времени машины H с величиной T'_d – электромагнитной постоянной времени:

$$T'_d = \frac{1}{a'_2} \approx \frac{1}{s_k} \quad (3)$$

где s_k – критическое скольжение, при котором статический вращающий момент асинхронный двигатель достигает максимума M_k

Если, например, $s_k = 10\%$, то

$$T'_d = \frac{1}{0,1} = 10 \text{ радиан} = \frac{10}{314} \text{ секунд}$$

Для машин, у которых постоянная времени H имеет порядок меньше $(2 \div 3) \cdot T'_d$, то ускорение при пуске следует учитывать.

Если торможение или другой переходный режим связан с токами и вращающимися моментами, не превышающими по своему порядку пусковые, то это же условие допустимости пренебрежения влиянием ускоре-

ний имеет место и для таких переходных режимов. Физическим основанием указанного условия является быстрое затухание электромагнитных процессов, до того, как значительно изменится скорость вращения, при малом T'_d или большом H .

Для аналитического расчета ускорений можно воспользоваться, при условии пренебрежения влиянием активного сопротивления в цепи статора, приведением уравнения падения напряжения $(p + j\omega_r) \cdot \psi_s = e_s$ к системе осей, вращающихся с синхронной скоростью. В этом случае:

$$(p + j) \cdot \psi_u = e_u \quad (4)$$

где $e_u = e_\sigma \cdot \varepsilon^{-jt}$, а e_σ – комплекс, характеризующий напряжение статора в неподвижных осях. Таким образом:

$$\psi_u = \frac{e_u}{p + j} \quad (5)$$

Если e_u остается неизменным, а изменяется только скорость вращения, то:

$$\psi_u = \psi_{u0} = \frac{e_u}{j} \quad (6)$$

Потокоцепления ψ_s , выраженные в собственных осях, т. е. в осях, связанных с ротором, будут равны:

$$\psi_s = \psi_u \cdot \varepsilon^{j\beta} \quad (7)$$

где:

$$\beta = \int_0^t s dt + \beta_0 \quad (8)$$

Зная e_u , нетрудно определить ψ_s (если известен характер изменения s во времени).

Ток статора i_s , выраженный в собственных осях, будет равен в операторном виде:

$$i_s = \frac{\psi_s}{x_s(p)} \quad (7)$$

Если задаться характером изменения скольжения, то решение уравнения для i_s не вызывает принципиальных трудностей. Практическое решение в сильной степени зависит от характера изменения угла β во времени. В большинстве случаев получающиеся интегралы не выражаются через известные функции, сведенные в таблицы, поэтому при-

ходится пользоваться приближенными методами численного расчета или рядами. В частности, при линейном изменении скорости ток i_s выражается через так называемый интеграл Френеля для комплексного аргумента [1, 2, 3].

В качестве примера для обоснования вышесказанного рассмотрим торможение нагрузкой асинхронный двигатель, включенной в сеть с:

$$s_0 = 0,01; \quad s = s_0 + 2at$$

а с параметрами асинхронный двигатель:

$$x_s = x_r = 3,07; \quad r_s = r_r = 0,01; \quad \sigma = 0,0514; \quad 2a = \frac{1}{12\pi}; \quad a'_r = 0,0634$$

Расчет выполняется:

по изложенной методике [1];

по интегратору [1];

по формуле Хока [1];

статическая характеристика [1, 2, 3].

Сравнение результатов расчета с данными, полученными с помощью интегратора, а также зависимость электромагнитного вращающего момента M от скорости вращения ротора $1-s$ представляется на рис.3.

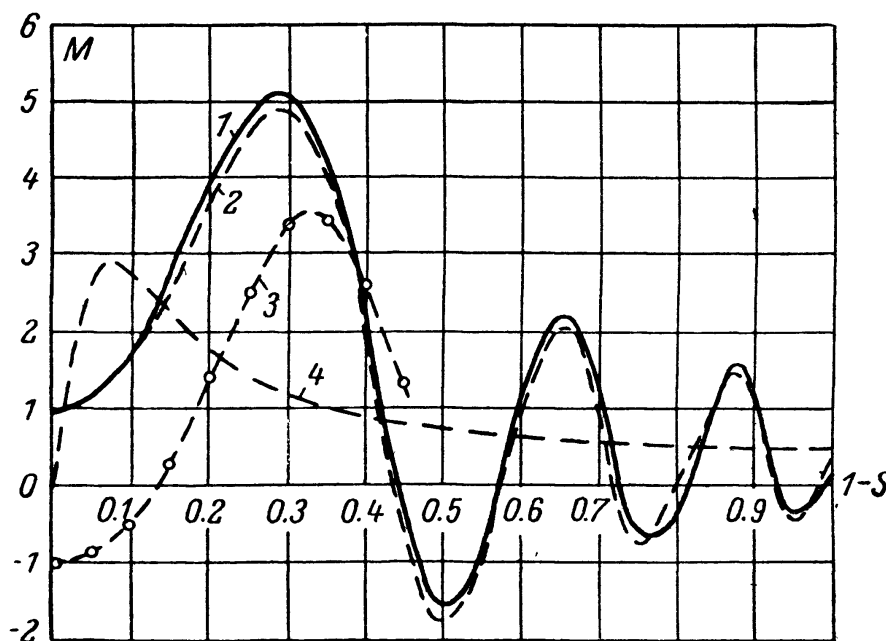


Рисунок 3. Торможение нагрузкой асинхронный двигатель

Интегралы Френеля для комплексного переменного в настоящее время вычислены и сведены в таблицы. По рекомендации автора [1, 2, 3] такие таблицы с успехом использовал для исследования рассматриваемых задач Л.Г. Мамиконянца [5]. Можно, однако, пользоваться для

расчета и быстросходящимися рядами. Кривые вращающего момента при замедлении ротора, представленные на рис.3, вычислены таким образом. Расчет сверен с результатами, полученными на интеграторе.

Влияние ускорения ротора на электромагнитный вращающий момент за последние годы привлекает все большее внимание специалистов по электрическим машинам [1-6].

Ускорение ротора может вызвать значительные вращающие моменты, заставляющие обычную асинхронную машину на время переходить даже за синхронизм. Известно, например, что некоторые синхронные двигатели и синхронные компенсаторы, выпавшие из синхронизма из-за потери возбуждения, при восстановлении возбуждения в синхронизм не втягиваются, однако, если машину отключить от сети и снова включить, возбуждение машина, при одинаковых прочих условиях, втягивается в синхронизм.

Во многих режимах (пуск, изменение скорости при провале напряжения и тому подобное) можно в первом приближении принять закон изменения скольжения в сравнительно большей части процесса прямолинейным (по крайней мере, для некоторого отрезка времени). В этом случае:

$$\begin{aligned} s &= s_0 + 2at \\ \varepsilon^{j\beta} &= \varepsilon^{j(s_0 t + a t^2)} \end{aligned} \quad (8)$$

Электромагнитный вращающий момент может быть определен по его операторному выражению $A(p) \cdot \varepsilon^{j\beta}$, где оператор $A(p)$ определяется операторными реактивностями асинхронный двигатель.

Оператор $A(p)$ представляет собой выражение, которое можно разложить на простые дроби:

$$A(p) = c_0 + \frac{c_1}{p + p_1} + \frac{c_2}{p + p_2} + \dots + \frac{c_n}{p + p_n} \quad (9)$$

И, следовательно, решение для:

$$A(p) \cdot \left[\varepsilon^{j(s_0 t + a t^2)} \right]$$

сводится к нахождению функций времени, соответствующих выражениям:

$$K_{(a)} = \frac{1}{p + a} \cdot \varepsilon^{j(s_0 t + a t^2)} = \varepsilon^{-at} \int_0^t \varepsilon^{at} \cdot \varepsilon^{j(s_0 t + a t^2)} dt = K_{c(a)} + jK_{s(a)} \quad (10)$$

Пусть, например, требуется определить вращающий электромагнитный момент обычной асинхронный двигатель с симметричным ротором с одной системой обмоток на роторе, имеющей начальное сколь-

жение s_0 и отрицательное ускорение, равное $2a$, включаемой в момент времени $t=0$ со стороны статора на систему напряжений прямой последовательности.

Потокоцепления статора в этом случае при приближенном учете активного сопротивления равны:

$$\psi_s = \frac{e_s}{j} \cdot (1 - \varepsilon^{-a_a t_\varepsilon - j\omega_1 t}) = \frac{e_{sm}}{j} \cdot (\varepsilon^{j\beta} - \varepsilon^{-a_a t_\varepsilon \cdot j\beta_\omega}) \quad (11)$$

где

$$\beta = \int_0^t s dt; \quad \beta_\omega = \int_0^t (s - \omega_1) dt \quad (12)$$

Ток статора равен:

$$i_s = \frac{\psi_s}{x_s(p)} = \frac{1}{x'_s} \cdot \left(1 - \frac{a'_r - a_r}{p + a'_r}\right) \cdot \frac{e_{sm}}{j} \cdot [\varepsilon^{j\beta} - \varepsilon^{-a_a t_\varepsilon \cdot j\beta_\omega}] \quad (13)$$

или

$$i_s = \frac{e_{sm}}{j x'_s} \cdot \varepsilon^{j\beta} - \frac{e_{sm} \cdot (a'_r - a_r)}{j x'_s} \cdot K(a'_r) - \varepsilon^{-a_a t} \cdot \left[\frac{e_{sm} \cdot \varepsilon^{j\beta_\omega}}{j x'_s} - \frac{e_{sm} \cdot (a'_r - a_r)}{j x'_s} \cdot K_\omega \cdot (a'_r - a_r) \right] \quad (14)$$

где

$$\begin{cases} K_{(a)} = \frac{1}{p + a} \cdot \varepsilon^{j\beta} = \varepsilon^{-at} \int_0^t \varepsilon^{at} \cdot \varepsilon^{j\beta} dt \\ K_{\omega(a)} = \frac{\varepsilon^{j\beta_\omega}}{p + a} = \varepsilon^{-at} \int_0^t \varepsilon^{at} \cdot \varepsilon^{j\beta_\omega} dt \end{cases} \quad (15)$$

В тех случаях, когда скорость вращения изменяется по линейному закону $a = \text{const}$; $s = s_0 + 2at$; $\beta = s_0 t + at^2$;

$$K_{(a)} = \sqrt{\frac{\pi}{2a}} \cdot \varepsilon^{-at - j\tau_0} \cdot [C(y) + jS(y)] \quad (16)$$

где

$$\gamma = \frac{(s - ja)^2}{4a}; \quad y = \frac{s - ja}{\sqrt{2a\pi}}; \quad \gamma_0 = (\gamma)_{t=0}; \quad y_0 = (y)_{t=0} \quad (17)$$

$C(y)$ и $S(y)$ – интегралы типа интегралов Френеля для комплексного аргумента y :

$$C(y) = \int_{y_0}^y \cos\left(\frac{\pi}{2} \cdot x^2\right) dx; \quad S(y) = \int_{y_0}^y \sin\left(\frac{\pi}{2} \cdot x^2\right) dx \quad (18)$$

При

$$2a \square \sqrt{s^2 + a^2}$$

$$K_{(a)} = \frac{\varepsilon^{j\beta}}{a + js} \left[1 + \frac{1}{2j\gamma} + 1 \cdot 3 \left(\frac{1}{2j\gamma}\right)^2 + 1 \cdot 3 \cdot 5 \left(\frac{1}{2j\gamma}\right)^3 + \dots \right] -$$

$$- \frac{\varepsilon^{-at}}{a + js_0} \left[1 + \frac{1}{2j\gamma_0} + 1 \cdot 3 \left(\frac{1}{2j\gamma_0}\right)^2 + 1 \cdot 3 \cdot 5 \left(\frac{1}{2j\gamma_0}\right)^3 + \dots \right] \quad (19)$$

При

$$2a \square \sqrt{s^2 + a^2}$$

$$K_{(a)} = \sqrt{\frac{\pi}{2a}} \cdot \left\{ \varepsilon^{j\beta_y} \cdot \left[1 - \frac{2j\gamma}{1 \cdot 3} + \frac{(2j\gamma)^2}{1 \cdot 3 \cdot 5} - \frac{(2j\gamma)^3}{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7} + \dots \right] - \right.$$

$$\left. - \varepsilon^{-at} \cdot \left[1 - \frac{2j\gamma_0}{1 \cdot 3} + \frac{(2j\gamma_0)^2}{1 \cdot 3 \cdot 5} - \frac{(2j\gamma_0)^3}{1 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 7} + \dots \right] \right\} \quad (20)$$

Для того, чтобы получить электромагнитный вращающий момент заменяем $K(a)$ на $K\omega(a)$ заменой β на $\beta\omega$ и s на $s-\omega 1$:

$$M = \frac{e^2_{sm}}{x'_s} \cdot (a'_r - a_r) \cdot \text{Re} \left\{ j \left(\varepsilon^{-j\beta} - \varepsilon^{-j\beta\omega\varepsilon^{-at}} \right) \cdot \left[K(a'_r) - \varepsilon^{-at} \cdot K_\omega \cdot (a'_r - a_r) \right] \right\} \quad (21)$$

Указанный метод может быть применен не только при $s=s_0+2at$, но и при s – произвольной функции времени.

В этом случае в интеграле $K(a)$ вместо аргумента $\beta = s_0t + at^2$ будет:

$$\beta = \int_0^t s(t) dt \quad (22)$$

Определение скольжение s в функции времени следует сделать приближенно, пользуясь статической характеристикой и, в случаи надобности, произвести уточнение по приближенной динамической характеристике.

Скольжение s в функции времени определяется формулой, полученной из уравнения механического равновесия:

$$t = \int_{s_0}^s \frac{Hds}{M_L - M_{cx}} \quad (23)$$

где

M_{cx} – момент статической характеристике, которого в случае надобности уточняется по приближенной динамической характеристике.

Выражение для t по формуле (23) при $ML=0$ и пользование статической характеристикой можно взять из [1, 2, 3, 7, 8].

Момент нагрузки в общем случае может быть функцией скорости ротора. Асинхронная динамическая устойчивость определяется максимальным электромагнитным вращающим моментом, полученным вышеуказанным образом.

Закключение. Асинхронный двигатель является наиболее массовым электрическим двигателем. Основным достоинством этих двигателей является простота его конструкции и невысокая стоимость. Но, однако по принципу своего действия эти двигатели в обычной схеме включения не допускают регулирования скорости его вращения, поэтому следует обратить внимание значительных потерь энергии, избегание перегрева его ротора. Учитывая эти факторы, нужно отметить, что асинхронный двигатель должен работать в длительном режиме с регулированием скорости вращения поля статора и регулирование скольжения при постоянной величине.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Казовский Е.Я. Переходные процессы в электрических машинах переменного тока // Издательство академии наук СССР. – Москва-Ленинград, – 1962. – 626 с.
2. Маджидов А.Ш. Выбор асинхронных двигателей в системах собственных нужд по кратности пусковых токов / А.Ш. Маджидов // Электрооборудование: эксплуатация и ремонт, – 2020, №10. – С. 13-20.
3. Маджидов А.Ш. Уравнения асинхронного электродвигателя при переходном процессе / А.Ш. Маджидов // Сборник трудов XVII Междун. научно-технической конф. студентов и аспирантов: «Информационные технологии, энергетика и экономика (электроэнергетика, электротехника и теплоэнергетика, математическое моделирование и информационные технологии в производстве)», – 2020. – С. 44-49.

4. Лайбль Г. Теория синхронной машины при переходных процессах (Перевод с немецкого языка) / Г. Лайбль // Издательство ГЭИ, – 1957. – 254 с.
5. Мамиконянц Л.Г. Токи и моменты асинхронных и синхронных машин при изменении скорости их вращения // Электричество. – 1958, – № 8. – С. 54-64.
6. Трещев И.И. Исследования машин переменного тока при переменной скорости вращения // Электричество. – 1957, – № 2, – С. 47-56.
7. Петров Г.Н. Электрические машины. Часть I // ГЭИ, – 1940. – 363 с.
8. Петров Г.Н. Электрические машины. ч.2. Асинхронные и синхронные машины. – Москва-Ленинград: Госэнергоиздат, – 1963. – 416 с.

Манси Мостафа Ибрахим Манси (Ирак)

Северо-Кавказский федеральный университет, г. Ставрополь

Научный Руководитель: Верисокин Александр Евгеньевич,
старший преподаватель

РАЗРАБОТКА ПРОМЫВОЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ НОРМАЛИЗАЦИИ ЗАБОЯ СКВАЖИНЫ ПОСЛЕ ПРОВЕДЕНИЯ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО РАЗРЫВА ПЛАСТА

На сегодняшний день в мире все большее внимание уделяется разработке трудноизвлекаемых запасов. К таким запасам можно отнести нефть достаточно плотных пород, которая залегает в слабопроницаемых коллекторах. При этом акцент делается на внедрение новых технологий интенсификации добычи, которые успешно себя зарекомендовали на нефтяных месторождениях с высокопроницаемыми коллекторами. Одним из таких эффективных методов является гидравлический разрыв пласта (ГРП). При проведении операции ГРП в призабойной зоне продуктивного пласта образуется разветвленная система дренирования за счет подачи под высоким давлением рабочей жидкости [1]. Опыт разработки многих известных месторождений УВ с коллекторами проницаемостью менее $5 - 10 \cdot 10^{-3}$ мкм², показывает, что ГРП является практически единственным методом вовлечения таких запасов в разработку. К работе низкопроницаемых пластов предъявляются дополнительные требования, что в ряде случаев ставит под сомнение экономическую целе-

сообразность проведения гидравлического разрыва пласта и существенно увеличивает риск неуспешности операции.

Значительная часть операций гидроразрыва проводится в нашей стране. На сегодняшний день в России более 50 % скважин подвергается ГРП. Например, на месторождениях Западной Сибири проведено более 25 тыс. гидравлических разрывов пластов. С каждым годом значение ГРП, как в мировой, так и российской практике будет только возрастать. В свою очередь, технология и техника метода гидроразрыва пласта будет усложняться. Несмотря на огромный объем выполненных исследований по ГРП, в технологии данной операции много нерешенных научных задач. В настоящее время на месторождениях Западной Сибири в 80 % случаях возникают осложнения при освоении скважин после проведения гидроразрыва пласта. Основная часть эксплуатационных скважин работает в условиях образования на забоях «продуктов» гидравлического разрыва пласта с частичным или полным перекрытием интервала перфорации. Ликвидация остатков геля из скважины является сложнейшей задачей.

По результатам промысловых наблюдений доказано, что обратный вынос проппанта из трещины в скважину максимален на этапе освоения скважин. Это обуславливает необходимость разработки новых прогрессивных технических средств для совершенствования методики освоения скважин после гидравлического разрыва пласта.

Вынос проппанта в скважину приводит к поломке электроцентробежного насоса, а также к снижению продуктивности скважины. Изображение ствола скважины в интервале перфорации после кольматации неразложившимся гелем с частицами проппанта.

Необходимо также отметить, что при плохом цементировании скважины, во время проведения гидравлического разрыва пласта часть проппанта заходит в пустоты в цементном кольце, а при освоении оттуда выносятся. Помимо оседания геля на стенках скважины, данная химическая жидкость оседает также в перфоканалах, закупоривая их.

Специалисты нефтегазовой отрасли считают, что некоторая часть несущей жидкости не разрушается даже под воздействием современных деструкторов - добавок, которые способствуют контролируемому снижению вязкости жидкости разрыва и удалению ее из трещины ГРП [2-5]. Если вязкоупругие «островки» остаются внутри трещины на длительное время, то они затвердевают. В дальнейшем эти участки трещины будут иметь пониженную проницаемость и отрицательно влиять на производительность скважины после выполнения ГРП [6]. Твердые и вязкоупругие частички деструктора также попадают в перфорационные каналы и налипают на стенки скважины. Эти отложения снижают про-

нищаемость в перфоканалах. Чтобы улучшить производительность таких скважин необходимо применять промывку с максимальным приближением к осложнению [9]. Избавиться от таких зон можно с помощью устройства для декольматации скважин, которое показано на рисунке 1. Устройство состоит из корпуса 1 с цилиндрическим осевым каналом 2, перекрытым сверху переходником 3 с глухим доньшком 4 с коническим выступом 5, выходящим в цилиндрический осевой канал 2, переходящий в конический осевой канал 6, угол образующей которого равен углу наклона конического выступа 5.

В теле переходника 3 над глухим доньшком 4 выполнено несколько тангенциальных каналов 7, гидравлически соединяющих осевой канал 8 переходника 3 с цилиндрическим осевым каналом 2 корпуса 1.

На нижнем конце корпуса 1 выполнена расточка, в которой установлено опорное седло 9. Внутри осевых каналов, цилиндрического 2 и конического 6 размещен полый патрубок 10, снабженный кольцевым выступом 11, на который опирается упорная втулка 12, установленная с возможностью контакта с внутренними поверхностями конического 6 и цилиндрического 2 осевых каналов корпуса 1. Верхний конец полого патрубка 10 расположен свободно между внутренней стенкой цилиндрического осевого канала 2 корпуса 1 и коническим выступом 5. На нижнем конце полого патрубка 10 установлен торцовый клапан 13 со сферической поверхностью, с опорой на ответную сферическую поверхность в опорном седле 9. При этом торцовый клапан 13 снабжен подающей трубкой 14, проходящей через осевой канал опорного седла 9 и связанной с гильзой 15, охватывающей стакан 16. В осевом канале стакана 16 установлена дренажная трубка 17, снабженная кольцевым выступом 18, в осевом канале 19 которой установлена насадка 20. Между дренажной трубкой 17 и внутренней поверхностью стакана 16 образована кольцевая камера 21, в которой размещена пружина 22, поджимающая кольцевой выступ 18 дренажной трубки 17 к торцу гайки 23, связанной со стаканом 16.

В гильзе 15 выполнена внутренняя кольцевая расточка 24, которая связана перепускным отверстием 25 с осевым каналом 26 подающей трубки 14 и отверстиями 27 в теле стакана 16 с его осевым каналом 28 между гайкой 23 и кольцевым выступом 18 дренажной трубки 17, в теле которой выполнены радиальные отверстия 29 для гидравлической связи осевого канала 28 стакана 16 с осевым каналом 19 дренажной трубки 17 и находящиеся в исходном положении под гайкой 23. Стакан 16 зафиксирован в гильзе 15 стопорной гайкой 30. Осевой канал 19 дренажной трубки 17, выходящей за пределы стакана 16 перекрыт заглушкой 31. В

теле переходника 3 выполнена резьба для подсоединения к колонне гибких труб 32 колтюбинговой установки.

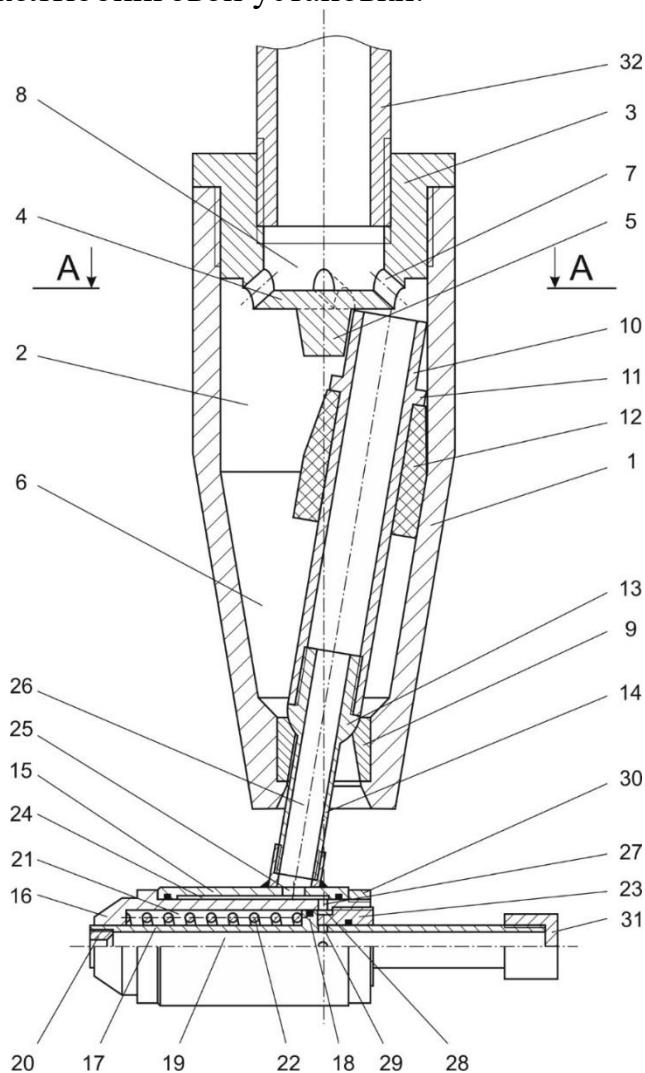


Рисунок 1. Конструкция устройства в разрезе, в исходном положении деталей (продольный разрез)

Применение данного устройства позволит увеличить эффект воздействия струи рабочего агента на отложения за счет использования ее полного расхода, который направляется через сопло, а также изолировать внутреннюю полость устройства от попадания пластовой жидкости и частиц разрушенного проппанта по окончании процесса промывки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. А.Е. Верисокин, А.Н. Граб, Д.Н. Граб, Д.Ю. Сериков. Анализ факторов, влияющих на работоспособность пакеров при проведении

- гидроразрыва пласта// Строительство нефтяных и газовых скважин на суше и на море. 2017. № 7.
2. Зинченко И.А. и др. Применение гидроразрыва пласта для интенсификации притока на газоконденсатных скважинах Ямбургского месторождения и перспективы применения метода в процессе дальнейшего освоения залежей. М.: ООО «ИРЦ Газпром», 2007.
 3. Anderson J. Simpson M. and Bosinski P. Producing Natural Gas from Coal. Oilfield Review, Autumn 2003.
 4. Reducing Produced Water Volumes from Coal Bed Natural Gas in the Powder River Basin. ALL, 2005.
 5. Кейбал А. В., Кейбал А. А. О причинах обратного выноса пропанта в ствол скважины после гидроразрыва продуктивного пласта// Бурение и нефть. 2009. № 11.
 6. Фахретдинов Р.Н., Бровчук А.В. Результаты применения гидроразрыва пласта для разработки южной лицензионной территории Приобского нефтяного месторождения // Нефтяное хозяйство. 2007. № 3.
 7. Восстановление добывных возможностей горизонтальных участков скважины путем удаления пропантовых пробок / А.Е. Версокин, В.А. Машков, Л.М. Зиновьева // Наука. Инновации. Технологии. Вып. № 4. 2015, Ставрополь с. 81 – 90.

Мохаммед Лаваль Торо (Нигерия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Аксенов Сергей Владимирович,
к.т.н., доцент

ЭВОЛЮЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

1. АКТУАЛЬНОСТЬ

Конвергенция человеческого суждения и эмпирических данных всегда была частью здравоохранения. Достижения искусственного интеллекта (ИИ) объединяют эти две вещи в большей степени, чем когда-либо прежде, и отрасль ощущает последствия. Искусственный интеллект на основе данных описывается как «компьютерные системы, способные выполнять задачи, которые обычно требуют человеческого интеллекта». Он анализирует большие объемы данных с помощью алгоритмов, чтобы научиться выполнять задачи без специального програм-

мирования. [1] Поскольку ИИ в здравоохранении оказывается критически важным компонентом диагностики, лечения, оказания помощи, результатов и затрат, эта способность вызывает волны изменений. Такие технологии, как большие данные и искусственный интеллект, существенно меняют отрасль здравоохранения, в том числе;

Поддержка принятия клинических решений и Расходы
Политика в области здравоохранения и Данные пациента
Точная медицина
Удовлетворенность провайдера
Безопасность

2. ПРЕИМУЩЕСТВА И НЕДОСТАТКИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

Преимущества

- Возможность анализировать данные и улучшать диагностику
- Выполнять административные и рутинные задачи
- Выявление рисков заболевания на ранней стадии
- доступность
- Помогает расширять человеческие способности и поддерживать

психическое здоровье

Недостатки

Отсутствие личного участия
Рост уровня безработицы среди медицинских работников
Возможность ошибочного диагноза
Социальные предрассудки
Незащищенность

3. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ

- исследовать связи между профилактическими или лечебными методами и результатами лечения пациентов.

- используется в таких областях, как диагностика, разработка протоколов лечения, разработка лекарств, персонализированная медицина, мониторинг и уход за пациентами.

- Обучение, мышление и понимание здравоохранения [2].

4. МЕТОДЫ

Машинное обучение и глубокое обучение стали связующим звеном искусственного интеллекта в медицине. Вот уже более 50 лет искусственный интеллект и медицинские технологии стремятся понять человеческий язык. Большинство систем НЛП обеспечивают распознавание речи или обработку текста с последующим переводом. Системы НЛП, которые могут понимать и идентифицировать клиническую документацию, являются популярным применением искусственного интеллекта в здравоохранении [3].

4.1 ЭВОЛЮЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

Дендрал, первая программа решения проблем или экспертный метод, была создана в ходе исследований в 1960-х и 1970-х годах. Хотя он был создан для приложений органической химии, он послужил основой для метода MYCIN, который считается одним из наиболее важных ранних приложений искусственного интеллекта в медицине. Однако MYCIN и другие системы, такие как INTERNIST-1 и CASNET, обычно не использовались практиками. Микрокомпьютеры и новые уровни доступа к сети получили распространение в 1980-х и 1990-х годах. За это время исследователи и разработчики осознали, что системы искусственного интеллекта в здравоохранении необходимо создавать с учетом отсутствия точных данных и полагаться на опыт врачей. Интеллектуальные вычислительные системы в здравоохранении были разработаны с использованием теории нечетких множеств, байесовских сетей и искусственных нейронных сетей. За последние полвека медицинские и технические достижения позволили увеличить количество приложений искусственного интеллекта, связанных со здравоохранением, в том числе: [3,4,]

Повышение вычислительной мощности, приводящее к более быстрому сбору и обработке данных.

Рост баз данных геномного секвенирования

Широкое внедрение систем электронных медицинских карт

Улучшения в обработке естественного языка и компьютерного зрения, позволяющие машинам воспроизводить процессы восприятия человека

Повышенная точность роботизированной хирургии

Улучшения в методах глубокого обучения и журналах данных по редким заболеваниям

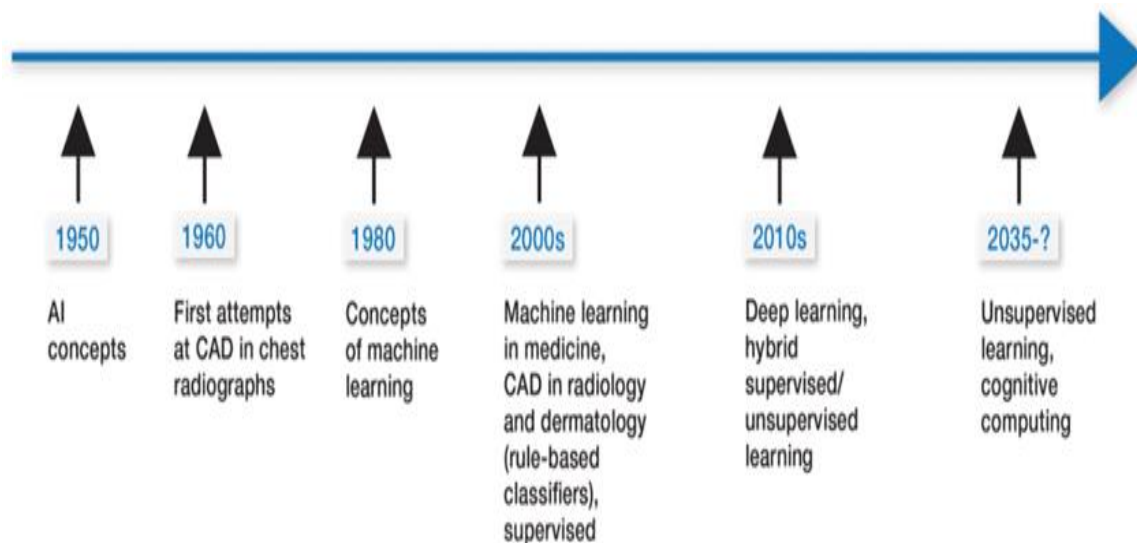


Рисунок 1. Хронология развития ИИ в медицине

4.2 БУДУЩЕЕ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В МЕДИЦИНЕ

С внедрением искусственного интеллекта в сектор здравоохранения он представляет собой серьезную возможность для роста чистой прибыли, совокупная стоимость которой, как ожидается, к 2026 году составит 150 миллиардов долларов. Будущее медицины в области искусственного интеллекта включает:

- Роботизированная хирургия
- Виртуальные помощники медсестры
- Помощь в административном рабочем процессе
- Обнаружение мошенничества
- Уменьшение ошибок дозировки
- Подключенные машины
- Идентификатор участника клинического исследования
- Предварительный диагноз
- Автоматическая диагностика изображений

предполагаемая стоимость роботизированной хирургии, виртуальных ассистентов медсестер и административной помощи рабочим процессам в 2026 году составит 40 миллиардов долларов, 20 миллиардов долларов и 18 миллиардов долларов соответственно [4,5].

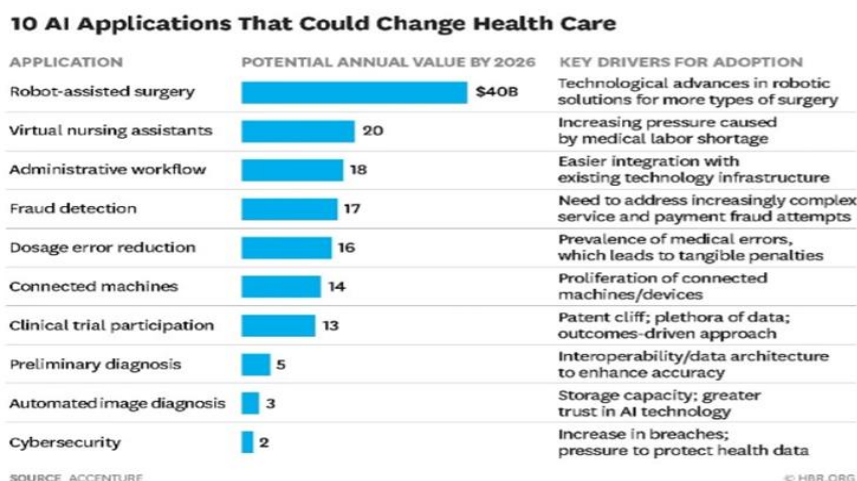


Рисунок 2. Десять приложений искусственного интеллекта, которые могут изменить здравоохранение

5. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Возможности применения функции ИИ в настоящее время неограничены, что включает в себя улучшение диагностических возможностей эндоскопии, оптимизацию рабочего процесса эндоскопии и даже помощь в увеличении риска стратификации пациентов с более острыми состояниями. Однако алгоритмы и реализации ИИ потребуют дальнейших исследований и тестирования. Кроме того, потребуется больше научных доказательств, чтобы показать его эффективность, ценность и влияние на уход за пациентами и результаты. Это позволит врачам, практикующим врачам и больницам интегрировать ИИ в повседневную клиническую практику. Врачи рассматривают это не как войну человека против машины, а скорее как коллективные усилия по улучшению здоровья больных пациентов в будущем [5,6].

Другие важные области включают: Государственное финансирование, лаборатории и клиники требуют совместной работы по ускорению внедрения электронных медицинских карт, данные должны быть доступны и доступны, собираться в режиме реального времени, а учреждения должны способствовать их трансформации в понятные процессы, Интеграции и интероперабельности, включая этические, правовые и логистические проблемы, Полезность наборов данных и электронных медицинских карт являются важными инструментами персонализированной медицины, раннего выявления и целенаправленной профилактики.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Каул, Вивек, Сара Энслин и Сет А. Гросс. «История искусственного интеллекта в медицине». Эндоскопия желудочно-кишечного тракта (2020).
2. URL <https://www.himss.org/resources/ai-healthcare-how-its-changing-industry> Опубликовано 5 мая 2020 г.
3. URL <https://www.byteant.com/blog/ai-adoption-in-healthcare-10-pros-and-cons> Опубликовано 7 сентября 2020 г.
4. URL <https://www.chg-meridian.co.uk/>
5. URL https://en.wikipedia.org/wiki/Artificial_intelligence_in_healthcare
6. URL <https://www.mdedge.com/dermatology/article/215099/practice-management/artificial-intelligence>.

Н.А. Абу Хамдан, М.Ю. Медведев
Южный федеральный университет

НЕЙРОСЕТЕВАЯ СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ РОБОТОМ В ДВУМЕРНОЙ НЕОПРЕДЕЛЕННОЙ СРЕДЕ

Работа поддержана Российским научным фондом (грант 16-19-00001) и выполнена в Южном федеральном университете.

Аннотация. В статье рассматривается нейросетевая система планирования движением робота, функционирующая в неопределенной среде. Система планирования реализована на основе нейронной сети глубокого обучения. Предлагается новая процедура обучения данной нейронной сети, которая включает элементы обучения с учителем и обучения с подкреплением. Данная итерационная процедура обучения позволяет отбирать ситуации, в которых нейронная сеть принимает неправильные решения. При этом нейронная сеть вырабатывает не всю траекторию движения от текущей точки до целевой точки, а только направление движения в данный момент времени. Это позволяет роботу функционировать в динамической среде без пересчета всей траектории. В статье приводятся результаты моделирования, нейросетевого планировщика в неопределенной среде.

Ключевые слова: планирование движения, нейронная сеть, обучение, динамическая среда.

1. Введение. Наиболее актуальными направлениями развития мобильной робототехники являются повышение автономности и обеспечение автономного управления роботами [1]. Задачи планирования и управления решаются на достаточно высоком уровне в предварительно картографированных средах [2, 3]. Когда карта отсутствует, а в среде могут находиться как неподвижные, так и подвижные препятствия, применение роботов на всех стадиях обязательно контролируется оператором, поэтому существующие методы требуют дальнейшего развития.

Проблеме планирования движения в условиях неопределенности посвящено значительное число работ. В [2 – 5] представлены обзоры методов планирования движения. В статье [2] представлен обзор алгоритмов планирования в 3-D средах. Приведена классификация и дано описание как классических, так и биоинспирированных алгоритмов, в том числе для планирования пути групп роботов. В [3] проведен анализ существующих на сегодняшний день методов планирования. В [4] представлен обзор интеллектуальных методов планирования пути, включая эволюционные, нейросетевые и биоинспирированные алгоритмы, а также гибридные подходы. В работе [5] представлен обширный обзор методов планирования пути в стационарных, нестационарных и неопределенных средах. Рассмотрены как методы глобального планирования, основанные на известной информации среды, так и методы реактивного планирования, базирующиеся на информации, поступающей от датчиков. Отдельное внимание уделено методам предсказывающего управления и системам с переменной структурой.

В указанных обзорах и других работах [6 – 8] отмечается, что основными проблемами планирования движения роботов являются неопределенность и динамичность среды, а также высокая вычислительная сложность, необходимая для расчета оптимального пути.

В статье [6] представлен гибридный алгоритм, включающий в себя логический алгоритм и алгоритм A^* , которые в совокупности позволяют генерировать глобальную траекторию движения. Для компенсации неопределенности среды используется A^* . В результате численных и натурных экспериментов показано улучшение эффективности поиска оптимальной траектории, а также возможность работы в сложной динамической среде.

В работе [7] указано, что планирование движения в неопределенных средах является одной из актуальных задач, которые решаются с применением методов искусственного интеллекта. Отмечается, что неопределенность – основное ограничение для известных методов, базирующихся на потенциальных полях, дискретном поиске (D^* , A^*), до-

рожных картах, диаграммах Вороного. Для динамической среды предложен алгоритм FireFly, который повышает скорость глобального поиска. Приводятся численный и экспериментальный анализ предложенного алгоритма при движении робота в среде с препятствиями.

В статье [8] также отмечаются недостатки существующих методов планирования движения в неопределенных средах, которые приводят к не оптимальным траекториям и ошибкам в нештатных ситуациях. Предлагаются методы предсказания движения динамических объектов среды и способы их интеграции с алгоритмами планирования траекторий. Проводится сравнительный анализ предложенных методов в плоской среде. Показаны преимущества использования прогнозирования в динамических средах и сложных средах с тупиками, углами, протяженными препятствиями.

Проведенный обзор показывает, что актуальными направлениями повышения автономности роботов являются применение элементов искусственного интеллекта и биоинспирированных алгоритмов.

Так в работах [9, 10] при планировании движения применяются генетические алгоритмы. В статье [9] предложен гибридный метод планирования, базирующийся на потенциальных полях и глобальном поиске с использованием генетических алгоритмов. Метод направлен на повышение эффективности поиска реализуемых траекторий движения. Для оценки качества используются критерий, включающий длину, гладкость и безопасность пути. Приводятся результаты сравнения разработанного метода с другими подходами. В работе [10] предложен метод планирования пути летательных аппаратов самолетного типа, базирующийся на разбиении пространства на ячейки с помощью диаграмм Вороного или триангуляции Делоне. Затем на полученном разбиении осуществляется поиск оптимальной траектории с помощью генетического алгоритма. Проведено исследование предложенных алгоритмов методами численного моделирования.

В работах [11, 12] для решения задач управления движением используются гибридные алгоритмы, включающие биоинспирированный неустойчивый режим движения при обходе препятствий. В [11, 12] предложены алгоритмы управления, обеспечивающие согласованное перемещение группы роботов в неопределенной трехмерной среде с нестационарными препятствиями. С помощью триангуляции Делоне и оптимизационной процедуры группа роботов автоматически распределяется в заданной области на плоскости, без предварительного назначения места каждого робота. Для устранения коллизий предложен гибридный алгоритм, включающий интеллектуальный анализ текущей ситуации и неустойчивый режим движения. Приведены экспериментальные дан-

ные, подтверждающие работоспособность предлагаемых алгоритмов на примере полета двух гексакоптеров в среде с неподвижным препятствием.

Значительный потенциал в задачах планирования движения показывают обучающиеся системы на базе нейронных сетей [13, 14]. Так в работе [13] исследуется проблема адаптивного координирующего управления классом мультиагентных систем в условиях изменяющейся во времени топологии, наличии коммуникационных ограничений и отказа исполнительных механизмов. Надежность и эффективность нейросетевого управления демонстрируется путем численного моделирования. В [14] представлена нейронная динамическая сеть Элмана (Elman), обучающаяся с применением стайных алгоритмов. На основе обучающейся нейросетевой системы предложен новый метод управления с идентификацией.

Значительный прогресс достигнут в системах технического зрения за счет применения нейронных сетей глубокого обучения [15 – 18]. Нейронные сети позволяют эффективно адаптироваться к неопределенной среде, поэтому широко используются в системах группового управления. В статьях [16, 17] демонстрируется возможность переноса знаний из одной области в другую с помощью нейронных сетей глубокого обучения. В [18] нейронная сеть, обучаемая с подкреплением, применяется для решения задач манипуляции и захвата объектов человекоподобным роботом. Предложена двухуровневая структура планирования, исследованная с использованием экспериментов.

В настоящей статье исследуется метод планирования движения робота в неопределенной двумерной среде, базирующийся на использовании нейронной сети. Нейронная сеть обучается алгоритмом D^* . При этом накопление обучающей выборки производится итерационно. На каждой текущей итерации обученная на предыдущей итерации нейронная сеть используется для отбора требуемых для обучения ситуаций.

В разделе 2 настоящей статьи рассматривается математическая модель мобильного робота, описывается область функционирования и дается описание навигационной системы и системы технического зрения. Формулируется задача, решаемая роботом.

В разделе 3 предлагается структура системы планирования, и описываются алгоритмы планирования движения робота, базирующиеся на использовании нейронной сети.

В разделе 4 приводятся результаты численного моделирования, даются численные оценки качества системы планирования движения.

2. Постановка задачи. Рассматривается мобильный робот на плоскости, математическая модель которых задана уравнениями [1, 12]

$$\dot{y}(t) = R(y)x, \quad (1)$$

$$M\dot{x}(t) = Bu + F, \quad (2)$$

где $y=[y_1 \ y_2 \ y_3]^T$ – вектор положения (y_1, y_2) и ориентации (y_3) робота в неподвижной системе координат $O_g Y_{g1} Y_{g2}$ (см. рис. 1); $x=[x_1 \ x_2 \ x_3]^T$ – вектор линейных (x_1, x_2) и угловых (x_3) скоростей робота в связанной системе координат $OY_1 Y_2$; $R(y)$ – матрица кинематики; M – матрица инерционных параметров; F – вектор сил и моментов, действующих на робот; u – вектор управляющих воздействий; B – матрица входа.

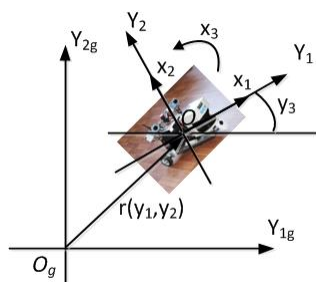


Рисунок 1. Системы координат робота

Робот оснащен навигационной системой, позволяющей измерять векторы u и x и системой технического зрения, которая позволяет обнаруживать положения и скорости препятствий на расстоянии R_{vs} , в секторе, определяемом углом α_{vs} .

Область функционирования робота Ω_0 является неопределенной средой, в которой могут находиться неподвижные препятствия. В начальный момент времени $t = t_0$ информация о нахождении препятствий в области Ω_0 отсутствует. Задачей робота является перемещение из начальной точки u_0 в целевую точку u_a . При этом робот должен планировать траекторию движения так, чтобы избежать столкновений с препятствиями.

В условиях неопределенности среды целесообразно использовать два планировщика движения – глобальный и локальный [1, 12]. Задачей глобального планировщика является выработка априорной траектории движения (на рис. 2 – Global path). Задачей локального планировщика является расчет локальной траектории движения в области препятствия (на рис. 2 – Local path). В условиях априорной неопределенности среды предварительное планирование глобальной траектории сталкивается с двумя проблемами.

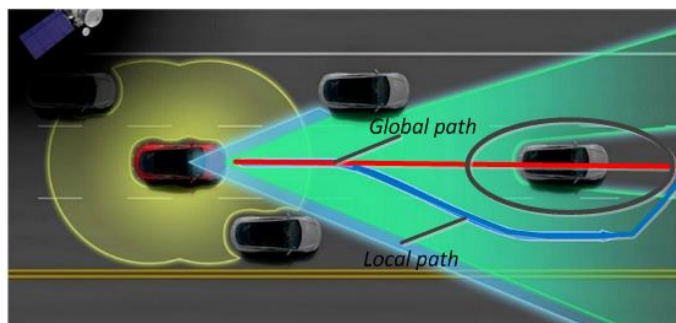


Рисунок 2. Локальная и глобальная траектории

Первая проблема заключается том, что, не имея информации о состоянии и свойствах среды, сложно сформулировать адекватный критерий, определяющий стратегию управления подвижным объектом.

Вторая проблема состоит в том, что, даже если априорная информация о среде позволяет сформулировать адекватный критерий качества, в области локального планирования требуется задавать промежуточные цели движения. Таким образом, положение целевой точки в различные моменты времени может изменяться, что требует пересчета всей оптимальной траектории движения.

Исходя из сказанного, в условиях неопределенности среды можно сделать вывод о целесообразности планирования движения, включая критерий и траекторию, непосредственно в процессе функционирования. Глобальный планировщик строит простую стратегию, базирующуюся на самых общих предположениях.

2. Алгоритмы планирования. Структура системы планирования глобальным и локальным планировщиками представлена на рис. 3.

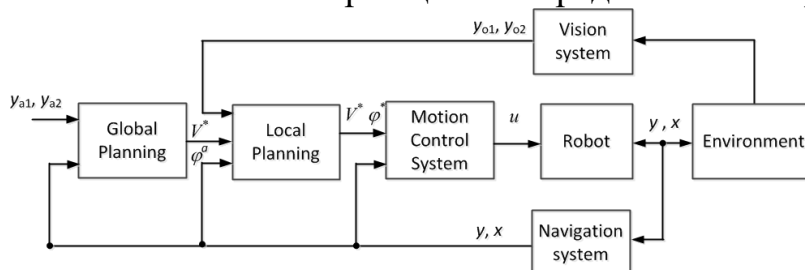


Рисунок 3. Структура система управления

В глобальный планировщик (Global Planning) поступают целевые координаты робота y_{a1} , y_{a2} и текущее положение и скорость робота y , x . Глобальный планировщик вычисляет направление движения на цель и задает скорость робота, равную крейсерской скорости:

$$\varphi^a = \arctan \frac{y_{a2} - y_2}{y_{a1} - y_1}, \quad V^* = V_c, \quad (3)$$

где V_c – крейсерская скорость робота.

Локальный планировщик (Local Planning), используя информацию о положении препятствий y_{o1} , y_{o2} , осуществляет коррекцию желаемого угла направления движения, выдавая результат в систему управления (Motion control system). Информация о положении препятствий поступает от системы технического зрения (Vision system).

В качестве локального планировщика используется нейронная сеть глубокого обучения [15], включающая 5 скрытых слоев. Для ее обучения используется база данных, создаваемая с помощью алгоритма D^* . Для применения алгоритма D^* карта разбивается на ячейки (рис. 4).

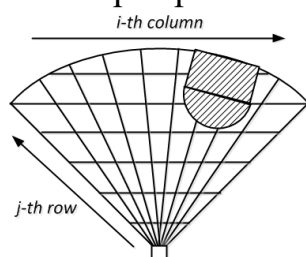


Рисунок 4. Представление видимой части карты ячейками

Далее полученная карта представляется в виде матрицы. Каждый элемент матрицы соответствует определенной ячейке области функционирования. Например, ситуация, отображенная на рис. 4, описывается матрицей размерности 7×9 вида

$$P_i = \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

Если ячейка пространства перед роботом свободна, то в соответствующую ячейку матрицы P_i заносится 0. Если ячейка занята препятствием или находится в его тени, то в матрицу P_i заносится 1.

Текущее и целевое положения робота на карте заносятся в отдельные матрицы. Полученные три матрицы описывают ситуацию, которая с помощью алгоритма D^* классифицируется на 8 классов. Если проложенный алгоритмом D^* путь проходит через ячейку с номером $N=1,2,\dots,8$ (рис. 5), то текущая ситуация относится к классу N и записывается в соответствующую папку.

6	7	8
5	Robot	1
4	3	2

Рисунок 5. Классификация ситуации

После накопления достаточного объема обучающей выборки для каждого класса ситуаций осуществляется обучение сети с учителем. В результате обучения нейронная сеть обучается выбирать текущее направление движения, совпадающее с траекторией, построенной D^* . Таким образом, нейронная сеть не строит всю траекторию, а только выбирает текущее направление движения, что позволяет использовать ее в динамических средах.

Для создания обучающей выборки предлагается следующая итерационная процедура.

1) На k -й итерации генерируется выборка P_k для обучения нейронной сети. Объем выборки равен N_k . При этом начальное и целевое положение робота, число и размеры препятствий задаются случайным образом.

2) Для каждой ситуации выборки P_k алгоритм D^* строит путь, который классифицируется в зависимости от того, через какую ячейку он проходит (рис. 5).

3) Если $k > 1$, то сгенерированная ситуация подается на обученную на предыдущем шаге сеть NN_{k-1} . Если сеть классифицировала текущую ситуацию также, как и алгоритм D^* , то она удаляется из обучающей выборки P_k . В случае ошибки нейронной сети ситуация сохраняется в обучающей выборке P_k .

4) Проводится k -я итерация обучения нейронной сети на полученной выборке.

5) Итерации продолжаются до тех пор, пока не достигается требуемая точность обучения.

Предложенная процедура позволяет на каждой последующей итерации отбирать для обучения ситуации, которые нейронная сеть классифицирует с ошибками.

Можно отметить, что данная процедура обучения сходна с обучением с подкреплением [17], т.к. отбор требуемых для обучения ситуаций производится по результатам функционирования обучаемой сети. В отличие от работы [18], в которой используется 2 нейронные сети, одна

из которой обучает другую, в данном подходе нейронная сеть обучает сама себя.

5. Результаты численного моделирования. В ходе численных экспериментов реализована итерационная процедура обучения, включающая 3 итерации. На каждой итерации создана выборка из 40000 ситуаций – по 5 000 ситуаций на каждый из восьми классов. Общий объем выборки составил 120 000 ситуаций. Размер каждой ситуации 50 на 50 ячеек.

В результате точность обучения нейронной сети составила более 90 %.

На рис. 5 представлены результаты планирования траекторий движения робота обученной нейронной сетью в среде с препятствиями. На рис. 6 точками обозначена траектория, запланированная алгоритмом D*, а сплошной линией – траектория выработанная нейросетевым планировщиком. Несмотря на некоторые отличия можно сделать вывод об успешном обучении, т.к. нетрудно убедиться, что длина траектории, выработанная нейронной сетью, не превышает длину траектории, выработанной D*.

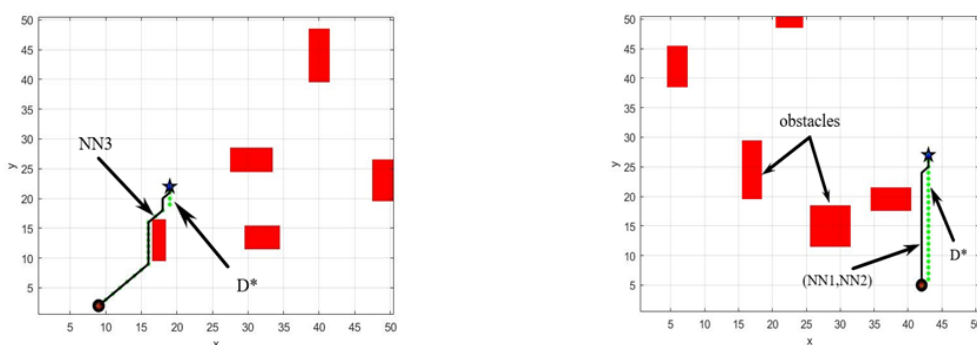


Рисунок 6. Моделирование нейросетевого планировщика

В ходе численного моделирования обученная нейронная сеть исследована на выборке, включающей 200 ситуаций, сгенерированных дополнительно. Проведенное исследование подтвердило точность обучения, оцененную с помощью стандартных средств валидации сетей.

Было проведено сравнение эффективности предложенной процедуры обучения с точки зрения объема обучающей выборки. Для этого была создана другая обучающая выборка, включающая в себя ключевые ситуации. К таким ключевым ситуациям относятся:

- движение вблизи целевой точки;
- движение в далеко расположенную точку при отсутствии на пути препятствий;
- движение вблизи препятствия;

- движение вблизи протяженного препятствия;
- движение вблизи препятствия типа «угол»;
- движение вблизи препятствия типа «тупик».

Для достижения точности обучения более 90 % объем выборки составил около 200 000 ситуаций. Таким образом, в рассматриваемой задаче предлагаемая процедура создания обучающей позволила на 40 % снизить объем выборки.

Кроме того, следует отметить, что предлагаемая процедура обладает высокой степенью автоматизации, т.е. требуемые для обучения ситуации накапливаются автоматически. От создателя обучающей выборки не требуется опыта для определения ключевых ситуаций, и нет сложностей программирования таких ситуаций. Для создания обучающей выборки с ключевыми ситуациями, определяемыми оператором, потребовалось около двух месяцев. Срок создания обучающей выборки с помощью отбора ситуаций обучаемой сети, составил около двух недель.

Также в ходе численных исследований проведено сравнение вычислительной эффективности созданной нейронной сети по сравнению с алгоритмом D^* . Сравнения осуществлялось с использованием системы Unix, в которой сгенерирована сцена размером 512 на 512 ячеек. Были получены следующие результаты:

- время планирования пути с помощью D^* от 0,3 до 3,0 секунд. Среднее время 1,2 с;
- время планирования пути с помощью нейронной сети 0,4 с.

Полученный эффект достигнут за счет того, что нейронная сеть вырабатывает только текущее направление движения, а алгоритм D^* строит всю траекторию движения. В статической среде данное преимущество не имеет существенного значения. Однако, в ситуации, когда целевое положение или препятствия перемещаются, или обнаруживаются в ходе движения, маршрут нужно перестраивать на каждом шаге, поэтому время планирования становится важным параметром.

Заключение. В работе предложен метод планирования пути, отличающийся использованием нейронной сети, вырабатывающей текущее направление движения. Метод позволяет сократить время планирования по сравнению с D^* , в среднем, в 3 раза. Этот эффект достигается в неопределенных и динамических средах. Также в статье предложен новый метод итерационного обучения нейронной сети. Данный метод позволяет на каждой последующей итерации отобрать только те ситуации, в которых нейронная принимает неверные решения. Предложенный метод позволяет уменьшить объем обучающей выборки до 40 %, а также сократить время создания обучающей выборки за счет высокой степени автоматизации.

Дальнейшее развитие полученных результатов заключается в учете ограничений, предъявляемых к планируемой траектории динамическими и кинематическими свойствами робота. Так при движении робота в силу инерционности может не попасть в планируемую точку, поэтому учет инерционных свойств робота является необходимым условием реализации метода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Pshikhopov V.Kh., Beloglazov D., Finaev V., Guzik V., Kosenko E., Krukhmalev V., Medvedev M., Pereverzev V., Pyavchenko A., Saprykin R., Shapovalov I., Soloviev V. Path Planning for Vehicles Operating in Uncertain 2D Environments. / Edited by V. Pshikhopov // Butterworth-Heinemann: Elsevier. 2017. 312p.
2. Yang L., Qi J., Song D., Han J., Xia Y. Survey of Robot 3D Path Planning Algorithms. Journal of Control Science and Engineering. 2016. Volume 2016. 22 p.
3. LaValle S. Planning Algorithms. Cambridge University Press, 2006. 842 p.
4. Mac T.T., Copot C., Tran D.T., De Keyser R. Heuristic approaches in robot path planning: A survey. Robotics and Autonomous Systems. 2016. V 86. Pp. 13-28.
5. M. Hoy, A.S. Matveev, A.V. Savkin, "Algorithms for collision-free navigation of mobile robots in complex cluttered environments. A survey", 2015, Robotica. V. 33 (3), pp. 463-497.
6. Yu X.-Y., Fan Z.-Y., Ou L.-L., Zhu F., Guo Y.-K. Optimal Path Planning Satisfying Complex Task Requirement in Uncertain Environment. 2019. Robotica.
7. Patle, B.K., Pandey, A., Jagadeesh, A., Parhi, D.R. Path planning in uncertain environment by using firefly algorithm. (2018). Defence Technology. 14(6), p. 691-701.
8. Kamil, F., Hong, T.S., Khaksar, W., Moghrabiah M.Ya., Zulkifli, N., Ahmad, S.A. New robot navigation algorithm for arbitrary unknown dynamic environments based on future prediction and priority behavior (2017). Expert Systems with Applications. 86. Pp. 274-291.
9. M. Nazarahari, E. Khanmirza, S. Doostie, "Multi-objective multi-robot path planning in continuous environment using an enhanced genetic algorithm", 2019, Expert Systems with Applications, V. 115, pp. 106-120.

10. Y. Qu, Y. Zhang, Y. Zhang, "A Global Path Planning Algorithm for Fixed-wing UAVs", 2018, *Journal of Intelligent and Robotic Systems: Theory and Applications*, V. 91(3-4), pp. 691-707.
11. Pshikhopov V., Medvedev M., Gaiduk A., Kolesnikov A. Control Method for Heterogeneous Vehicle Groups Control in Obstructed 2-D Environments. (2016). *Lecture Notes in Computer Science*. V 9812, pp. 40 – 47.
12. V. Pshikhopov, and M. Medvedev, "Group control of autonomous robots motion in uncertain environment via unstable modes", *SPIIRAS Proceedings*, V. 60(5), pp. 39-63, 2018.
13. Wang, X. ,Yang, G.-H. Adaptive reliable coordination control for linear agent networks with intermittent communication constraints. *E-LETTER on Systems, Control, and Signal Processing*. V. 362, 2018.
14. Hong-Wei G., Wen-Li D., Feng Q., Lu W. A Dissimilation Particle Swarm Optimization-Based Elman Network and Applications for Identifying and Controlling Ultrasonic Motors. *Advances in Soft Computing*. 2007. Vol 41. P. 1345-1360. Springer.
15. LeCun Ya., Yoshua B., and Geoffrey H. Deep learning. *Nature*. 521.7553 (2015): pp. 436-444.
16. Zhu J., Park T., Phillip Isola, and Alexei A. Efros. "Unpaired Image-to-Image Translation using Cycle-Consistent Adversarial Networks", in *IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV)*, 2017.
17. Li, Z., Zhao, T., Chen, F., (...), Su, C.-Y., Fukuda, T. Reinforcement Learning of Manipulation and Grasping Using Dynamical Movement Primitives for a Humanoidlike Mobile Manipulator. (2018). *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics* 23(1), p. 121-131.
18. B. Zoph, V. Vasudevan, J. Shlens, Q.V. Le. Learning Transferable Architectures for Scalable Image Recognition. *Proc. of 2017 IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*. July, 22 – 25, Honolulu, Hawaii.

Нгикофа Фиел (Намибия)

Томский политехнический университет, г. Томск

РАЗРАБОТКА УСТРОЙСТВА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА В ПОМЕЩЕНИИ

Микроклимат в доме – важная составляющая здорового образа жизни. Слишком низкий или слишком высокий уровень влажности и

температуры отрицательно сказывается на здоровье и самочувствии людей, поэтому важно следить за ним и вовремя исправлять ситуацию. Влажность представляет собой меру количества водяного пара в воздухе. Относительная влажность – это относительное значение, которое указывает, сколько влаги в воздухе по отношению к максимально возможному количеству водяного пара в этой воздушной массе при данной температуре. Относительная влажность измеряется в процентах. Оптимальной влажностью в жилом помещении является показатель около 30% зимой и 45% осенью и весной [1]. Если этот показатель повышается, то в квартире становится сыро.

Актуальность работы связана с тем, что микроклимат в помещениях часто необходимо строго контролировать. Например, как показывают научные данные, для медицинских учреждений необходима относительная влажность воздуха от 40 до 60% и нормальная температура помещения, так как это важный фактор для поддержания здоровья человека [1]. Этот диапазон влажности идеален для обеспечения эффективности нашей иммунной защиты и в то же время минимизации распространения вирусов в воздухе. На промышленных предприятиях измерение влажности часто важно, потому что оно может повлиять на здоровье и безопасность персонала и стоимость продукта, а также на поддержание условий воздуха, подходящих для производства и хранения пищевых продуктов. Музеи и библиотеки для сохранения и целостности древних предметов должны гарантировать особые условия окружающей среды, которые должны стабильно поддерживаться в течение очень длительного периода времени, поскольку большая часть произведений искусства, артефактов и документов, хранящихся в музеях и библиотеках, изготовлена из природных материалов, чувствительных к влажности окружающей среды. В интеллектуальных системах умных домов также включается контроль температуры и качества воздуха [2]. Во всех этих случаях необходимо использовать автономный контроллер температуры и относительной влажности в помещении.

Цель данной работы – разработка малогабаритного регистратора температуры и относительной влажности в помещении, представляющего собой автономное самодостаточное устройство, которое через определенные промежутки времени измеряет эти параметры и отображает их текущие значения на экране жидкокристаллического индикатора.

Поскольку мы планируем использовать только серийные изделия и элементы, можно уверенно говорить о невысокой стоимости разработанного устройства.

Обозначим базовые элементы регистратора. В качестве основы предлагаемого устройства мы выбрали датчик влажности и температуры типа AM2302, жидкокристаллический индикатор WH0802A-YGH-CT, выпускаемый компанией WinstardisplayCo.Ltd, и 8-разрядный высокопроизводительный AVR микроконтроллер с малым потреблением Atmega16. Ниже приведены основные характеристики датчика: напряжение питания – 3.3 В ... 5 В, выходной сигнал – цифровой, чувствительный элемент – полимерный конденсатор, диапазон измерения влажности – 0 ... 100%, погрешность $\pm 2\%$, диапазон измерения температуры – -40°C ... $+80^{\circ}\text{C}$, погрешность $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, задержка – 1 с. Жидкокристаллический индикатор WH0802A-YGH-CT – это простейшая система для отображения полученных данных. Для уменьшения количества проводов для связи между индикатором и микроконтроллером будем использовать 4-битную шину данных (байт данных передается за 2 цикла передачи). В качестве микроконтроллера можно взять любой 8-битный контроллер AVR (причем с меньшим количеством портов).

Преимуществом этого устройства является низкое энергопотребление, что актуально для устройств с автономным питанием. Выбранный датчик температуры-влажности может располагаться на значительном удалении от контура. Его подключение осуществляется всего тремя проводниками, два из которых являются проводами питания и один сигнальный. Это удобно для проведения измерений как в помещении, так и на улице. Данные с датчика передаются в цифровом виде, что обеспечивает высокую точность измерения.

Таким образом, была исследована возможность создания достаточно простого устройства, позволяющего точно контролировать температуру и относительную влажность в помещении.

В перспективе мы планируем превратить автономный контроллер температуры и относительной влажности в многофункциональный измеритель-регулятор. Он может измерять температуру и влажность, управлять через два релейных выхода насосами, вентиляторами. В этом случае при повышении температуры система подаст световой сигнал и также отреагирует вентиляцией, чтобы охладить окружающую среду до требуемой температуры [3]. В противном случае при низкой температуре система нагреет помещение до необходимой температуры с помощью теплового насоса. То же самое произойдет и с влажностью: когда в помещении слишком влажно, система подаст сигнал и исправит влажность в помещении. Это оптимизирует контроль за состоянием воздуха, поскольку система будет реагировать автоматически, исправляя ситуацию без вмешательства человека.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Why is air temperature and humidity control important in healthcare facilities [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://www.carel.com/why-is-air-temperature-and-humidity-control-important-in-healthcare-facilities>
2. Зачем измерять влажность воздуха в доме? [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://znaniya.com/task/8875534>
3. Многофункциональный измеритель-регулятор с таймером [Электронный ресурс] // Режим доступа: <https://tecnocooling.ru/catalog/controls/controllers/control-rpo/>

Низамли Яссер Ахмад (Сирия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Губин Евгений Иванович,
к. ф.-м. н., доцент

МОДЕЛЬ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ COVID-19 С ПОМОЩЬЮ ЭКГ

В свете быстрого распространения вируса Covid-19 и его разрушительного воздействия на здоровье человека и экономику стран возникла необходимость в предоставлении технологий для диагностики заболевания на максимальной скорости и с минимально возможными затратами, что является вызовом даже для развитых стран [1]. А поскольку научные исследования показали потенциальное влияние коронавируса на сердце [2][3], можно использовать электрокардиограммы для выявления заболевания и прогнозирования его риска для пациента с меньшими затратами, чем все существующие методы, из-за доступности прибор ЭКГ во всех медицинских клиниках и даже в отдаленных сельских местностях. В нашей статье предлагается модифицированная предварительно обученная модель глубокого обучения, которая может отличить коронавирусную инфекцию от других нормальных и патологических состояний сердца (инфаркт миокарда) на основе обработанных изображений ЭКГ.

Для обучения нашей модели мы использовали набор данных изображений ЭКГ для пациентов с сердцем и COVID-19, опубликованных в базе данных ScienceDirect [4], где мы создали новый набор данных, состоящий всего из трех классов: нормальные изображения ЭКГ, ЭКГ-

изображения пациентов с короной, ЭКГ-изображения пациентов с инфарктом миокарда. Затем мы обработали все изображения, вырезав интересные области, чтобы удалить слова, фразы и пустые области из изображений. Затем мы установили пороговые значения для изображений, чтобы удалить фон, а затем изменили размер всех изображений. На рисунке 1 показан процесс обработки изображения.

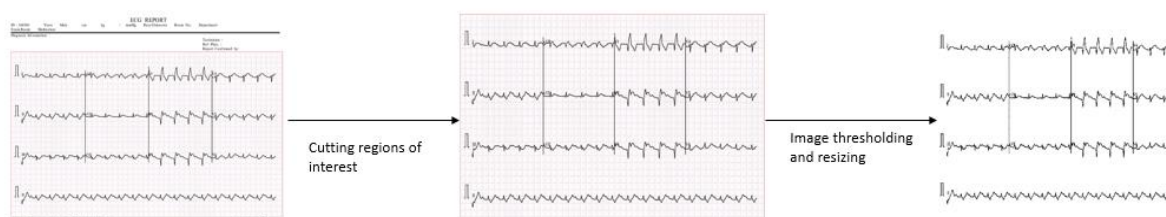


Рисунок 1. Обработка набора данных

Обработанный набор данных состоит из 1146 элементов, 859 представляют нормальные изображения ЭКГ, 250 элементов представляют изображения ЭКГ пациентов с коронавирусом, 37 элементов представляют изображения ЭКГ пациентов с инфарктом миокарда. Однако из-за дисбаланса элементов в каждом классе это приведет к смещению классификации в сторону класса с наибольшим числом элементов и рассмотрению класса с числом меньших элементов только как выбросов.

Чтобы решить эту проблему, мы случайным образом удалили элементы из класса нормальных изображений ЭКГ, чтобы получить 250 изображений. Потом мы случайным образом добавили копии элементов из класса изображений ЭКГ для пациентов с инфарктом миокарда, чтобы получить 250 изображений. Окончательный набор данных теперь состоит из 750 элементов, 250 представляют нормальные изображения ЭКГ, 250 представляют изображения ЭКГ пациентов с коронавирусом, 250 представляют изображения ЭКГ пациентов с инфарктом миокарда. Мы будем использовать 70% данных для обучения нашей модели и 30% для тестирования.

На рисунке 2 изображена предлагаемая модель, которую мы разработали для диагностики Covid-19 с помощью ЭКГ.

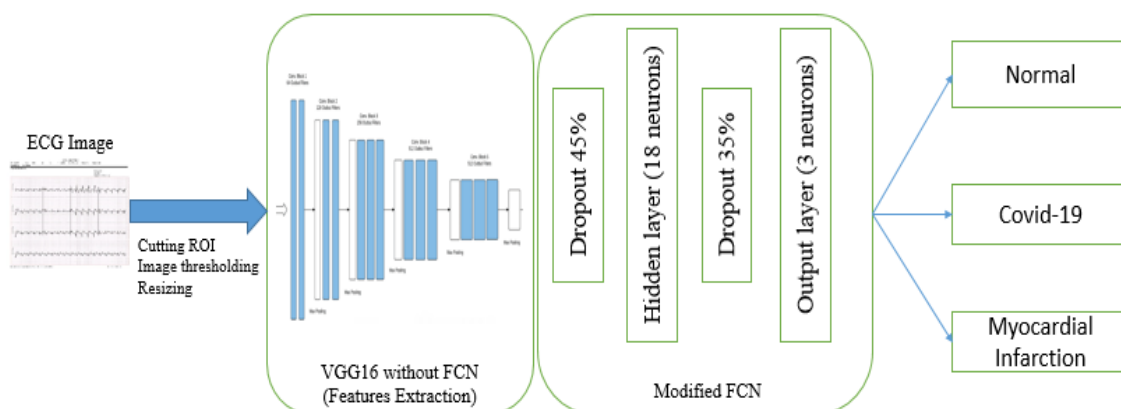


Рисунок 2. Предлагаемая модель

Чтобы доказать эффективность модели, мы протестировали ее на 30 % выборках в наборе данных, используя параметр «Точность - Ассурасу». С помощью данного параметра мы который измерили процент выборки, которые были классифицированы по всему набору данных. Мы достигли точности 92,44% для тестовых образцов после 150 эпох.

Таким образом, мы доказали эффективность предложенной модели.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. World Health Organization Laboratory testing for coronavirus disease 2019 (COVID-19) in suspected human cases: interim guidance. – 2020.
2. Plante J. A., Mitchell B. M., Plante K. S., Debbink K., Weaver S. C., Menachery V. D. The Variant Gambit: COVID’s Next Move // Cell Host & Microbe. – 2020. – ISSN 1931-3128.
3. Mehraeen E., Seyed Alinaghi S. A., Nowroozi A., Dadras O., Alilou S., Shobeiri P., Behnezhad F., Karimi A. A systematic review of ECG findings in patients with COVID-19 // Indian Heart Journal. –2020. – vol. 72, pp. 500-507, ISSN 0019-4832.
4. Khan A. H., Hussain M., Malik M. K., ECG Images dataset of Cardiac and COVID-19 Patients // Data in Brief. – 2021. – Vol. 34, ISSN 2352-3409.

Омран Мазен (Сирия)

Московский государственный технологический
университет "СТАНКИН", г. Москва

Научный руководитель: Волкова Галина Дмитриевна,
д.т.н., зав.кафедрой

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ГЛУБОКОГО ОБУЧЕНИЯ В ОБЛАСТИ ОБНАРУЖЕНИЯ ОБЪЕКТОВ

Введение

Без преувеличения можно сказать, что распознавание объектов является важной задачей для многих приложений, которые полагаются на компьютерное зрение, например, в беспилотных машинах, при сортировке продуктов на заводах и других приложениях.

Начало исследований в области распознавания объектов восходит к 60-ым годам XX века. В 80-ые годы основное внимание переносится в область практических исследований, когда начинает развиваться искусственный интеллект. В связи с этим область обнаружения объектов становится очень востребованной, а вместе с ней получают распространение методы машинного обучения (обучение с учителем, обучение без учителя).

С появлением в 2012 году глубокого обучения в качестве современного подхода к машинному обучению, базирующегося преимущественно на сверточных нейронных сетях, появляется широкий выбор методов обнаружения объектов.

В настоящее время ведется активная работа по усовершенствованию традиционных и разработке современных методов обнаружения объектов на основе глубокого обучения, поэтому в данной статье приводится краткое описание некоторых из самых популярных методов. В исследовании необходимо отталкиваться от классификации названных методов и определения их основных критериев оценки и сравнения.

Классификация современных методов обнаружения объектов и критерии их оценки

В современных методах обнаружения объектов (методах глубокого обучения) можно выделить две основные группы методов:

Методы, основанные на регионах, означающие выделение интересных областей на изображении (кадре). Они также известны как методы классификации или двухэтапные методы, но их общее название - «группа методов RCNN» [1].

Методы, основанные на регрессии или одношаговые методы (Обычно называется YOLO Method Group) [1].

На рисунке 1 показаны обе группы упомянутых методов.

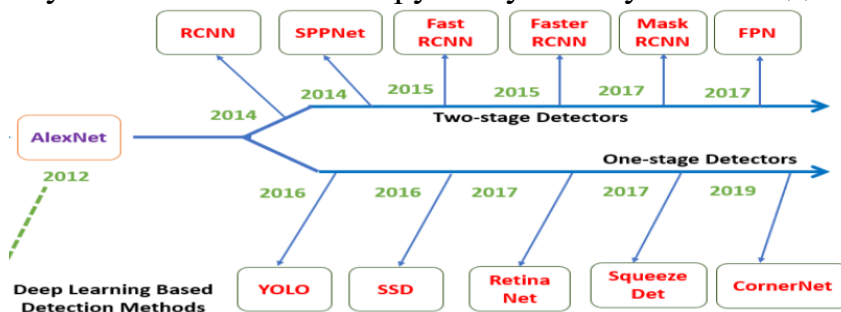


Рисунок 1. Методы глубокого обучения в обнаружении объектов [1]

Для оценки эффективности алгоритмов обнаружения принят набор критериев, важнейшими из которых являются: средняя точность (AP / mAP), скорость (количество кадров в секунду), истинное положительное, ложное положительное, отзыв и порог достоверности.

Анализ эффективности наиболее известных методов глубокого обучения в обнаружении объектов

Метод региональной сверточной нейронной сети (RCNN)

При применении данного метода можно извлечь из изображений только 2000 регионов, которые также называются предложениями регионов [2]. RCNN улучшила среднюю точность (mAP) до 58,5% в наборе данных VOC-2007 [3]. Этот метод достиг скорости 0,1 кадров в секунду. Хотя метод RCNN был значительно усовершенствован, он все еще имеет некоторые недостатки, многих из которых удалось избежать в улучшенных версиях этого метода, таких как FastRCNN, FasterRCNN и Маска R-CNN.

На рисунке 2 показана архитектура RCNN.

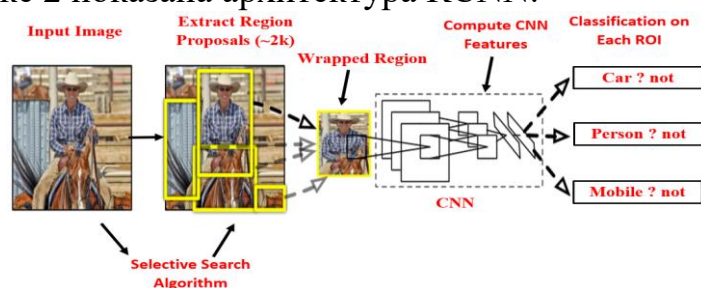


Рисунок 2. Архитектура метода RCNN [2]

Метод сети объединения пространственных пирамид (SPPNet)

Ранние модели CNN требовали входного изображения фиксированного размера, но SPPNet вводит один «слой пространственного пула пирамид (SPP)», который позволяет модели CNN создавать последовательность фиксированной длины независимо от размера интересующей

области (ROI) или без изменения размера. SPPNet работал намного быстрее, чем RCNN, без потери точности обнаружения, а показатель mAP увеличился до 59,2% на VOC-2007. Этот метод достиг скорости 1 кадра в секунду [4].

На рисунке 3 показана архитектура SPPNet.

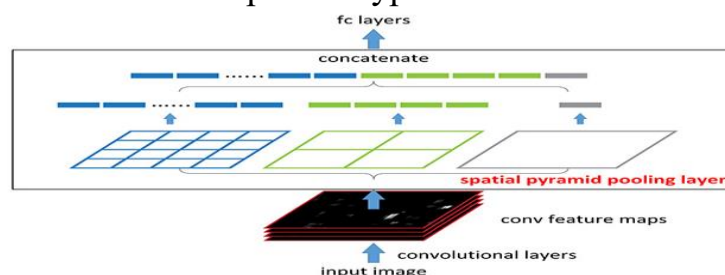


Рисунок 3. Архитектура метода SPPNet [4]

Метод YOLO (You only look once YOLO)

YOLO считается самым надежным, быстрым и простым алгоритмом, используемым для обнаружения объектов в реальном времени. YOLO работает со скоростью 45 кадров в секунду и достигает mAP = 63,4% [5], оптимизированные версии этого метода были разработаны как YOLO2 и YOLO3.

На рисунке 4 показана архитектура YOLO.

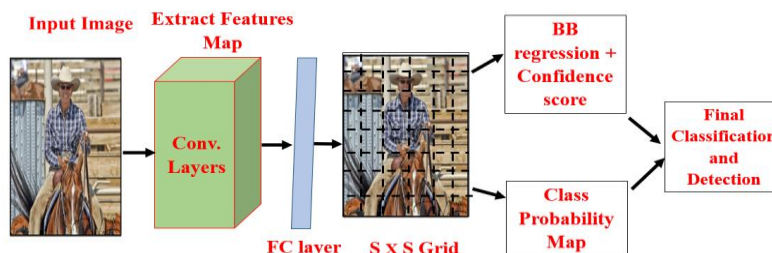


Рисунок 4. Архитектура метода YOLO [5]

Метод Однокомпонентного многоблочного детектора (SSD)

Метод SSD разработан исключительно для обнаружения объектов в режиме реального времени. В наборе данных VOC-2012 SSD300 достигает mAP = 74,3 % при 59 кадрах в секунду, в то время как SSD500 достигает в наборе данных VOC-2007 mAP = 76,9% при 22 кадрах в секунду [6].

На рисунке 5 показана архитектура SSD.

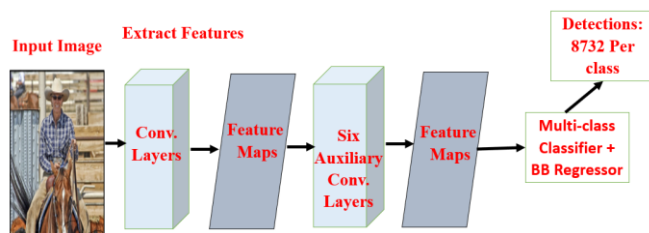


Рисунок 5. Архитектура метода SSD [6]

Сравнение методов

При сравнении методов, упомянутых выше, сопоставляются результаты, полученные от использования этих методов. Однако следует отметить, что они не применяются к одному и тому же набору данных.

Таблица 1

Сравнение производительности современных методов
обнаружения объектов

метод	Точность mAP% (набор данных)	Скорость (fps)
RCNN [3]	66 (Voc 2007)	0.1
SPPNet	63.1 (Voc 2007)	1
YOLO	63.4 (Voc 2007)	45
SSD	31.2 (MS-COCO)	22

Вывод

Методы глубокого обучения являются эффективным инструментом в области обнаружения объектов, но иногда они могут быть востребованными благодаря тому, что

- 1) зависят в основном от размера и разнообразия категорий данных в наборах данных;
- 2) обеспечивают хорошие результаты по скорости и точности обнаружения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Murthy.C.B, Hashmi.M.F , Bokde.N.D, Geem.Z.W. Investigations of Object Detection in Images/Videos Using Various Deep Learning Techniques and Embedded Platforms—A Comprehensive Review . Appl. Sci. 2020, 10(9), 3280.
2. Girshick, R.; Donahue, J.; Darrell, T.; Malik, J. Rich feature hierarchies for accurate object detection and semantic segmentation. In Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Columbus, OH, USA, 24–27 June 2014; pp. 580–587.

3. Uijlings, J.R.; Van De Sande, K.E.; Gevers, T.; Smeulders, A.W. Selective search for object recognition. *Int. J. Comput. Vis.* 2013, 104, 154–171.
4. He, K.; Zhang, X.; Ren, S.; Sun, J. Spatial pyramid pooling in deep convolutional networks for visual recognition. *IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intell.* 2015, 37, 1904–1916.
5. Redmon, J.; Divvala, S.; Girshick, R.; Farhadi, A. You only look once: Unified, real-time object detection. In *Proceedings of the Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, Las Vegas, NV, USA, 26 June–1 July 2016*; pp. 779–788.
6. Liu, W.; Anguelov, D.; Erhan, D.; Szegedy, C.; Reed, S.; Fu, C.Y.; Berg, A.C. *SSD: Single shot multibox detector*. Springer: Berlin, Germany, 2016; pp. 21–37.

Панин Виктор Романович (Казахстан)
Купцов Игорь Евгеньевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Брылина Ирина Владимировна,
д. филос. н., доцент

ОСВОЕНИЕ РОССИЙСКИХ АРКТИЧЕСКИХ ШЕЛЬФОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ: НОВЫЕ ВЫЗОВЫ И ВОЗМОЖНОСТИ В СОВРЕМЕННОЙ СИТУАЦИИ, ВЫЗВАННОЙ ПАНДЕМИЕЙ COVID-19

В настоящее время российская нефтегазовая отрасль характеризуется значительным истощением запасов и поздней стадией разработки большинства месторождений. В то же время новые месторождения, вводимые в промышленную разработку, в большинстве случаев имеют трудноизвлекаемые запасы. Кроме того, наиболее перспективные месторождения нефти и газа расположены в Арктике и на ее шельфовых территориях. В 2020 г. в условиях пандемии COVID-19, цена на нефть упала более чем на 30 %, по сравнению с 2019 г., эта ситуация свернула многие геологоразведочные проекты, что может сказаться на объеме добычи углеводородов уже в скором будущем.

Российский арктический шельф характеризуется очень низкой степенью геологической изученности, наряду с ведущей ролью в доле неразведанных запасов нефти и газа. Однако освоение арктического

шельфа признано перспективной и актуальной проблемой, сформулированной на государственном уровне.

По прогнозу геологической службы США, объем неразведанных запасов на арктическом континентальном шельфе оценивается в 90 миллиардов баррелей нефти и 47 триллионов кубометров природного газа [1, с. 1176]. Россия обладает наибольшей долей нефтегазовых ресурсов: 41% неразведанных технически извлекаемых ресурсов нефти и 70% газа. С учетом исчерпания известных российских нефтяных месторождений, если нынешние темпы добычи сохранятся, то запасы на материке будут освоены через 30 лет.

Крупнейшими нефтегазоносными бассейнами Арктики являются Лаптевский, Восточно-Баренцевский, Южно-Карский, Восточно-Сибирский и Чукотский. Россия осваивает арктические месторождения углеводородов на Кольском полуострове, в Норильске, в северных районах Западной Сибири. Ненецкий автономный округ – важный центр нефтедобычи, а Ямал стал центром газодобычи.

Одна из проблем в разработке месторождений на арктическом шельфе РФ, доказать, что перспективные территории являются продолжением Российского арктического шельфа.

Российские геологи собрали доказательства того, что не только поднятие Менделеева, Чукотское плато, хребет Ломоносова, но и южная часть хребта Гаккеля, а также котловина Подводников являются продолжением российского континентального шельфа, но проблема в том, что самое сложное, убедить в этом мировое сообщество в лице ООН. Геологи доказали, что хребет Менделеева начал формироваться как рифтовая система с масштабным магматизмом около 125 млн лет назад, но этот процесс не перешел в океанический спрединг. Поэтому мы предлагаем классифицировать хребет Менделеева как прерванную вулканическую пассивную континентальную окраину. Это значит, что он является продолжением нашего континента [2].

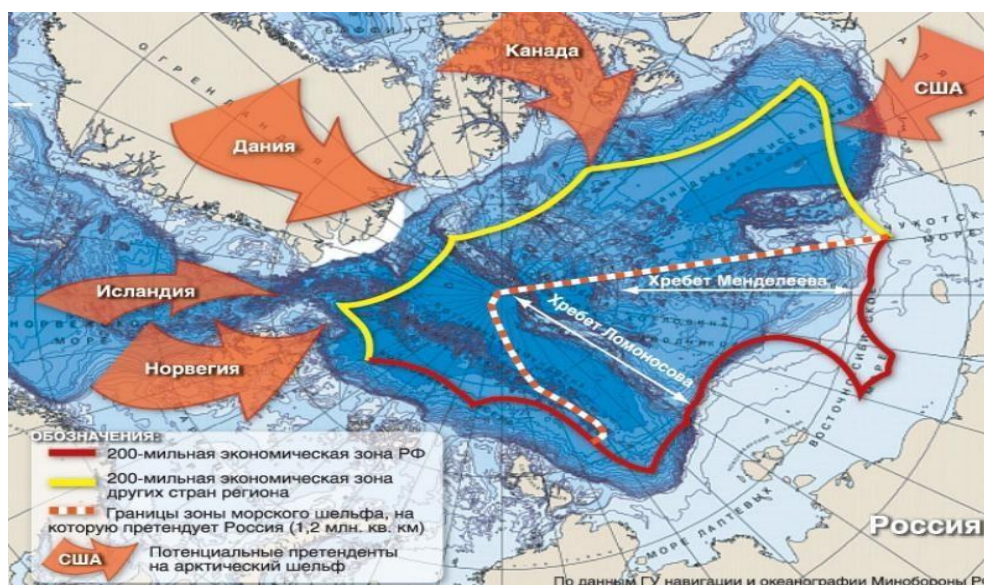


Рисунок 1. Границы Российского арктического шельфа, и потенциальные претенденты на арктический шельф

26 месторождений нефти и газа открыты на арктическом шельфе, и уже 7 из них готовы к освоению. Месторождения расположены в акватории трех морей: Баренцева, Печорского и Карского, с суммарными извлекаемыми запасами нефти около 600 млн. тонн, газа – 8,5 трлн кубометров. Планируемые объемы добычи на Приразломном месторождении (единственном, на сегодняшний день месторождении на Арктическом шельфе России, где добыча нефти уже начата) – около 5 млн тонн нефти (до 2025 г.). Ожидается, что добыча начнется на Долгинском месторождении (до 2030 г.) и еще на нескольких морских месторождениях [3, с. 20].

Основными климатическими характеристиками региона, осложняющими освоение нефтегазового потенциала Арктической зоны, являются: сложные метеорологические, температурные и гидрологические условия; сложная ледовая обстановка; чрезвычайно сложный ветровой режим; сложный рельеф дна; ледовый период около 7-8 месяцев и др. [4, с. 1442].

Конечно, экономика арктических проектов, предполагающих значительные инвестиции, чувствительна к цене на нефть и сильно зависит от экономической ситуации в стране в целом, однако добыча углеводородов на арктическом шельфе – это, по большей части, долгосрочная перспектива. Что касается принятия сегодня решений об инвестициях в геологоразведку на Арктическом шельфе, то важно подчеркнуть, что временной горизонт практического запуска этих проектов находится за пределами 2030-2040 гг. Учитывая циклическое развитие мировой эко-

номики, рецессию и всплеск энергопотребления в мире, есть основания полагать, что стоимость барреля нефти к этому времени вернется на справедливый уровень, что будет способствовать рентабельности шельфовых проектов в Арктике.

Экосистема Арктики очень чувствительна к антропогенному воздействию и восстанавливается крайне медленно после необоснованного вмешательства. Даже незначительная утечка добываемых углеводородов на шельф может привести к непоправимому ущербу окружающей среде. По этой причине в Арктике не может быть случайных экспериментов. Освоение Арктики требует тщательно выверенного подхода, необходимо учитывать, что в Арктике находится очень большой объём пресной воды, которую ни в коем случае нельзя испортить разлитой нефтью или прорывами газа из недр Земли.

Арктические проекты должны реализовываться операторами, имеющими опыт таких операций, инвестиционные возможности и способными минимизировать экологические риски.

Авторы данной работы считают необходимым, для работы в Арктике внедрить инновации в разведке и разработке месторождений, проработать и освоить новые способы разработки месторождений в Арктических условиях, они должны быть экономически эффективными и экологически безопасными одновременно.

Сегодня в России есть несколько регионов, которые имеют полное право считаться воротами в Арктику. Это, прежде всего, Ненецкий автономный округ, Мурманская и Архангельская области. Близость к разведанным месторождениям углеводородов, высокий кадровый, интеллектуальный потенциал – все это очевидные конкурентные преимущества этих географических объектов.



Рисунок 2. А) Мурманский порт – перспективная площадка для транспортировки углеводородной продукции
Б) Архангельск – перспективный транспортный узел для перевозки грузов при освоении Арктики

Разработка месторождений на арктическом шельфе способна обеспечить загрузку сотен, если не тысяч предприятий, смежных отраслей и в настоящее время имеет исключительное социальное и экономическое значение, предопределяя занятость населения во многих российских регионах, укрепление межрегиональных связей, увеличение налоговой базы, создание новой инфраструктуры, разработку новых технологий добычи углеводородов.

Некоторые российские поставщики уже успешно участвуют в тендерах, проводимых операторами. На начальном этапе развития нефтегазовых проектов малые и средние предприятия региона имеют возможность проводить буровзрывные работы, строительство причалов, строительство подъездных и внутренних дорог, различные работы по созданию необходимой инфраструктуры для начала добычи углеводородов, строительство кораблей для транспортировки углеводородов и т.д.



Рисунок 3. Прямые и косвенные эффекты освоения арктических морских нефтегазовых месторождений

Одно рабочее место в Арктике создаст примерно 14 рабочих мест в смежных регионах. До 80 % работ по реализации морских нефтегазовых проектов могут осуществляться российскими – промышленными предприятиями, что говорит о том, что нефтегазовые проекты на шельфе могут стать драйверами экономического развития территорий России в постпандемический период.

Однако, геологоразведочные работы в Арктике осложняются в связи с отсутствием системного подхода к ее инновационной инфраструктуре, недостаточной исследованностью вопросов экологического баланса, связанного с техногенными воздействиями, а также, недостаточностью уровня технологического развития и управления российской

нефтегазовой отрасли в целом, что требует комплексного подхода к разработке месторождений в Арктике.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Готье Д.Л. Научный журнал Оценка неоткрытых запасов нефти и газа в Арктике // Science. – 2009. – Т. 324, №. 5931. – С. 1175–1179.
2. Геологи МГУ: Хребет Менделеева имеет континентальный фундамент // URL: https://www.msu.ru/science/main_themes/geologimgu-khrebet-mendeleeva-imeet-kontinentalnyu-fundament.html (дата обращения 21.03.2021).
3. Амирагян А.С. Освоение УВ-Ресурсов шельфа // Деловой журнал Neftegaz.RU. – 2017. – Т. 68, № 8. – С. 19-22.
4. Ильинова А.А., Дмитриева Д.М. Механизм инновационного развития арктической зоны России // Международный журнал машиностроения и технологий. – 2018. – Т. 9, № 9. – С. 1439–1451.

Пань Мэнхуа (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Воронова Гульнара Альфридовна,
к.т.н., доцент

МЕТОД АТОМНО-СИЛОВОЙ МИКРОСКОПИИ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОВЕРХНОСТИ АНОДИРОВАННОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Введение

Нанопористые материалы, такие как пористый кремний, оксид алюминия и другие оксиды металлов, активно исследуемые современными методами, за счет своей развитой структуры широко применяются во многих областях науки и техники, например, в качестве чувствительных слоев для сенсорных устройств. Широкое промышленное использование процессов анодного окисления алюминия обусловило интенсивное исследование структуры и свойств анодных покрытий алюминия [1].

Сканирующий зондовый микроскоп с высоким разрешением и адаптируемый к работе в атмосферных условиях становится прямым методом измерения микроскопического масштаба. Можно не только

получить трехмерную топографию поверхности образца, но и одновременно собрать электрическую информацию. Поэтому сканирующие зондовые микроскопы играют важную роль во многих дисциплинах, в том числе в исследовании нанопористых материалов в виде оксида алюминия, кремния и других.

Экспериментальная часть

В программе Image Analysis обработаны изображения, полученные методом АСМ на микроскопе Ntegra Aura в Наноцентре ТПУ (039 ауд, 10 корпус).

1. Первая стадия анодирования в водном растворе щавелевой кислоты.

Характеристики процесса анодирования алюминия, а именно зависимость плотности тока от времени, при постоянном напряжении 56-60 В в щавелевокислом электролите (3М С₂Н₂О₄) показаны на рис. 1. Подобно анодированию в ортофосфорном электролите, все они обнаруживают приблизительно линейное начальное понижение тока в течении 10-20 сек, за которым следует уменьшение скорости падения плотности тока, затем параметр j стабилизируется и принимает постоянное значение $1,6 \div 1,8$ мА/см².

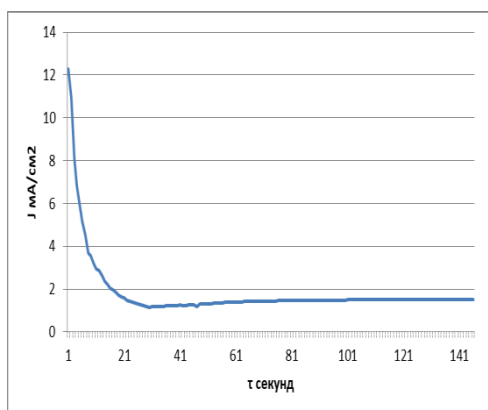


Рисунок 1. Зависимость плотности тока от времени ($U_a=56-60$ В) для АОА полученного на первой стадии в щавелевокислом электролите

Диаметры пор, полученные на первой стадии анодирования в щавелевой кислоте, находились в диапазоне $63-78 \pm 4$ нм (рис. 3 б). Поры имели неправильную круглую форму, а также наблюдались поры неправильной формы, заметна шероховатость исходной поверхности алюминия. Толщина оксидного слоя, определенная методом профилометрии, составила 13 мкм.

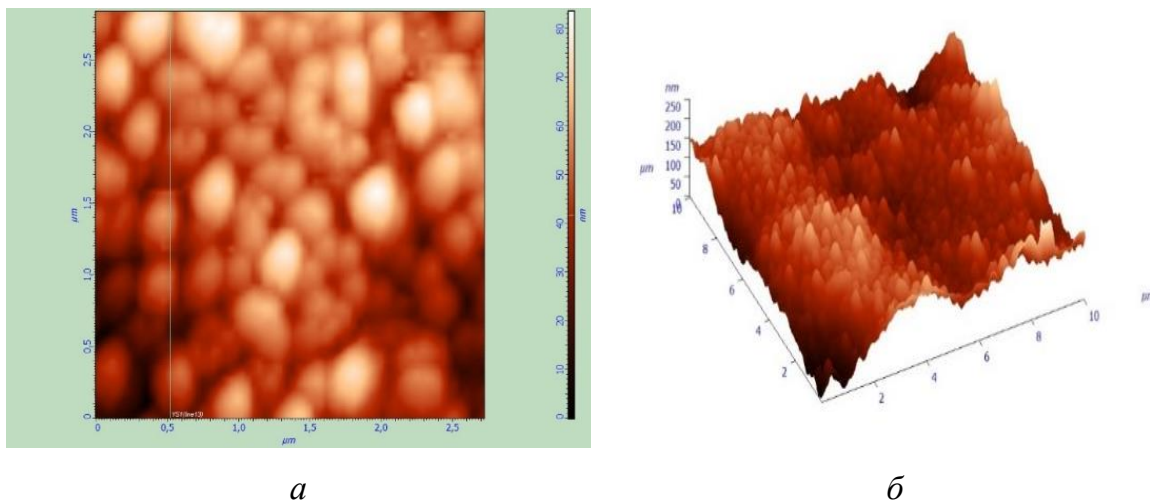


Рисунок 2. АСМ изображение поверхности АОА, полученного на первой стадии в щавелевокислом электролите, ГСР: а) 2D, б) 3D

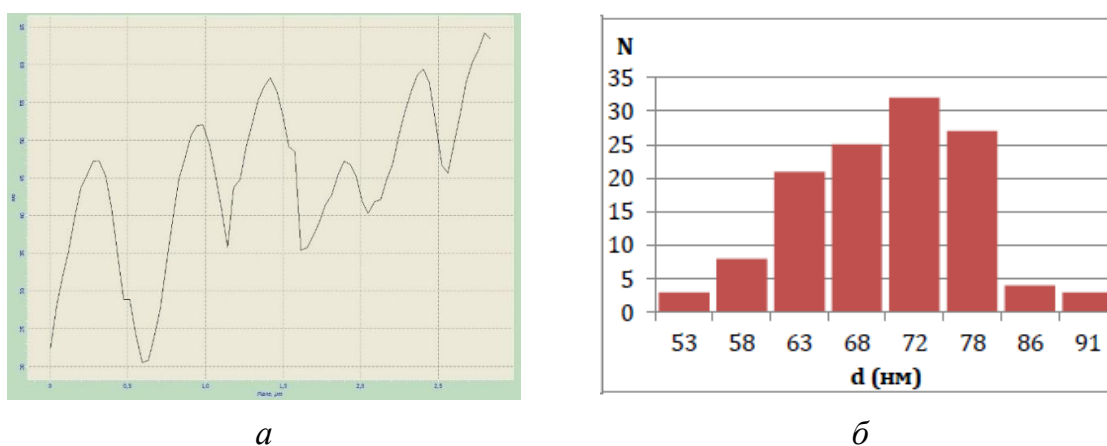


Рисунок 3. а) Шероховатость, б) Распределение образующихся пор по размеру ($U_a=56-60$ В) для АОА полученного на первой стадии в щавелевокислом электролите

Как показано на рис. 4, зависимость U_a (τ_a) для анодирования в режиме ГСР имеет три участка. Первый участок отвечает началу появления барьерного слоя, после образования барьерного слоя начинают образовываться поры (участок 2), а затем на участке 3 идет увеличение толщины пористого слоя.

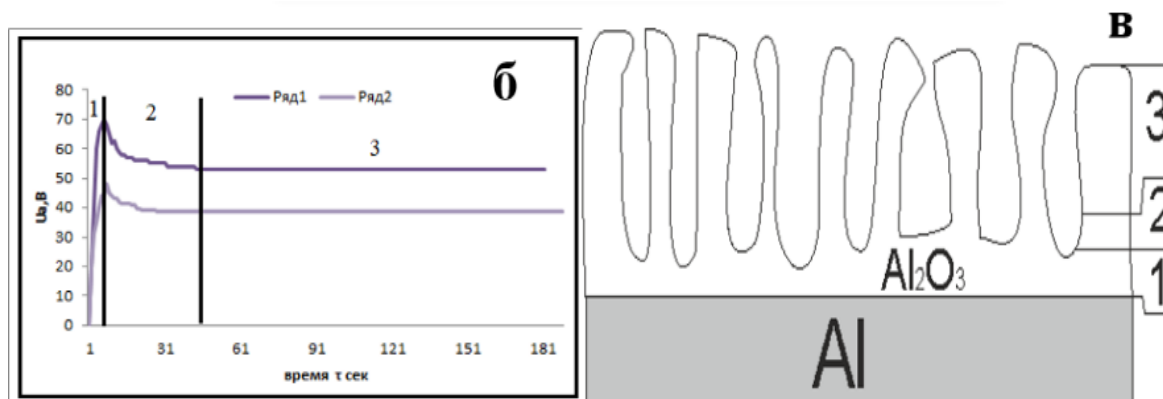


Рисунок 4. Зависимость $U_a(t_a)$ для ГСП-анодирования А97 в 3М $C_2H_2O_4$, $T_a=283K$, на первой стадии при различной плотности тока j_a :
 1) 1,5-1,8 mA/cm^2 , 2) 2,5-3 mA/cm^2

2. Удаление оксидного слоя АОА, полученного на первой стадии вщавелевой кислоте

После первого этапа большая часть пор будет закрыта. С помощью травления в электролите $CrO_3 + H_3PO_4$ слой АОА удалили. Этот процесс занимает около 5 минут при температуре $60^\circ C$, но время зависит от толщины поры и времени анодирования. На рис.5 (а) показано АСМ изображение поверхность АОА, полученного в электролите 3М $C_2H_2O_4$ после стравления АОА, полученного на первой стадии. Видно, что поверхность алюминия представляет из себя пористый след от удаленного АОА, также видны остатки неудалённого оксида. На рис.5 (б) приведено распределение пор по размерам, средний размер пор 120-175 нм.

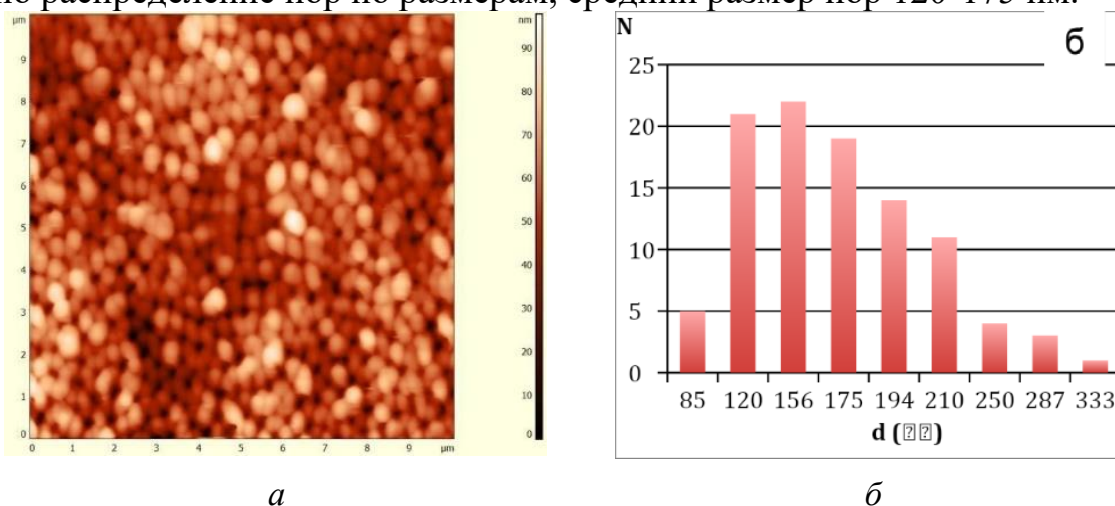


Рисунок 5. а) АСМ изображение поверхности АОА, полученного в электролите 3М $C_2H_2O_4$ после травления АОА, образованного на первой стадии, б) распределение образующихся пор по размеру

После стравливания оксида, полученного на первой стадии в том же самом электролите проводили вторую стадию.

3. Вторая ступень анодирования в водном растворе щавелевой кислоты

На рис.6 показаны микрофотоснимки, полученные с помощью АСМ, поверхностей анодных пленок, сформированных при различных плотностях тока в щавелевой кислоте. Микрофотографии показывают равномерно распределенные поры ($j= 2,5$ до $3 \text{ mA}\cdot\text{cm}^{-2}$), которые подобны пленкам, образованным в ортофосфорной кислоте.

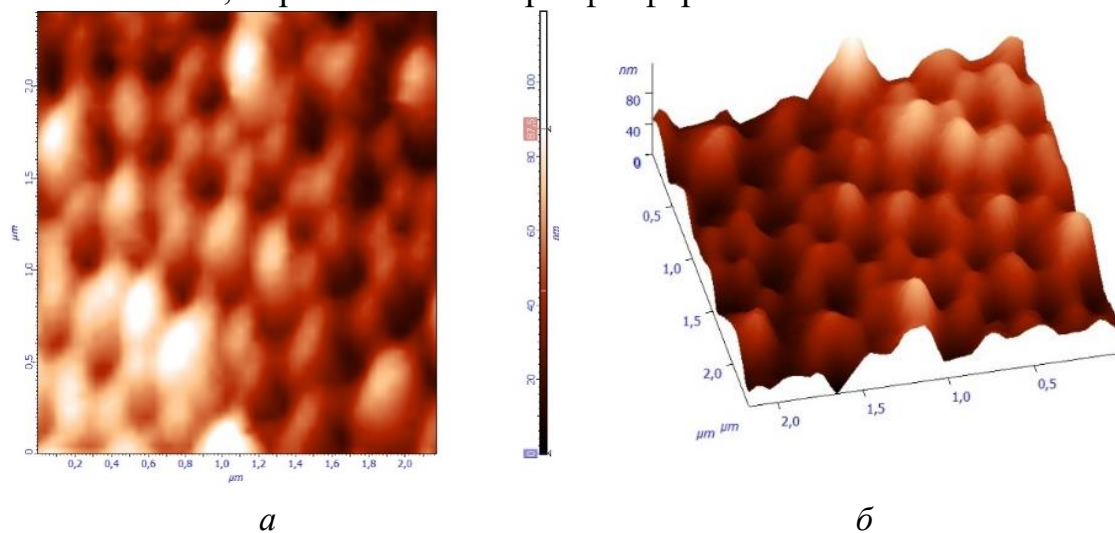


Рисунок 6. АСМ изображение поверхности АОА, полученного на второй стадии в щавелевокислом электролите: а) 2D, б) 3D

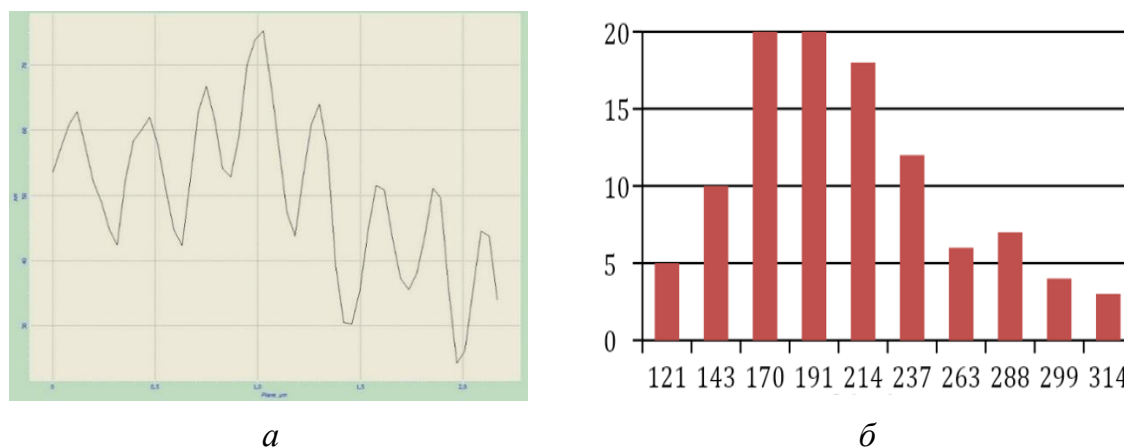


Рисунок 7. а) Шероховатость, б) Распределение образующихся пор по размеру для АОА полученного на второй стадии в щавелевокислом электролите

Диаметры пор, полученные в щавелевой кислоте, находились в диапазоне $170-214 \pm 10 \text{ nm}$ (рис. 7 б). Поры имели переменную форму, а

именно круглую, треугольную и прямоугольную, как а также нестандартные типы, на которые влияют пики и впадины в шероховатости исходной поверхности наплавленного алюминия. Здесь использовалась для катода чистый Al.

Заключение

Сравнивая данные, мы можем узнать, что двухэтапный процесс анодирования в 0,3М щавелевой кислоте в качестве электролита помогает получить более упорядоченный АОА.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самигуллин Р. Ш., Шиманова В. В. Формирование мембран на основе пористого оксида алюминия и основные области их применения // Молодой ученый. – 2014. – № 7 (66). – С. 10 – 12.

Пань Нин (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Беляев Александр Сергеевич, ассистент

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛГОРИТМОВ ПОДВОДНОГО ЗРЕНИЯ РОБОТОВ

По мере того как человеческое общество постепенно вступает в информационную эпоху, технология компьютерного зрения также достигает беспрецедентного развития. Из-за внимания людей к подводной среде, морским ресурсам и морской экологии в последние годы подводному компьютерному зрению также уделяется большое внимание.

Из-за суровых подводных условий полученные подводные изображения серьезно ухудшаются. Речь идет об отклонении цвета, вызванном поглощением света, размытии деталей, вызванном рассеянием света вперед, и низком контрасте, вызванном рассеянием света назад.

С прогрессом человеческого общества и развитием науки и технологий разработка технологий улучшения изображений примерно прошла четыре стадии: период запуска, период разработки, период популяризации и период применения.

Первый период начался в 1960-х годах, когда изображения сканировались и отображались с использованием растров на основе пикселей, и большинство из них обрабатывались на средних и больших компьютерах.

В 1970-е годы начался период активного развития, и для обработки стало использоваться большое количество средних и мэйнфреймов, и обработка изображений постепенно перешла на методы отображения растровой развертки. В частности, появились изображения компьютерной томографии и спутникового дистанционного зондирования, а также на более высоком уровне была осуществлена обработка для улучшения изображения.

В 1980-х годах технология улучшения изображений вступила в период популяризации. В это время компьютеры уже могли выполнять задачи обработки графики и изображений.

90-е годы – это период применения технологии. Люди использовали технологию улучшения цифровых изображений для обработки и анализа изображений дистанционного зондирования с целью эффективного проведения разведки ресурсов и полезных ископаемых, разведки, планирования сельскохозяйственных и городских земель, сбора урожая, прогнозов погоды, стихийных бедствий и военных целей.

Хотя применение технологии улучшения подводных изображений немного запоздало, опыт исследований в других общих областях также оказывает ценную помощь в изучении обработки подводных изображений.

Общие методы улучшения изображения в области улучшения изображения включают в себя: методы улучшения нефизических модельных изображений, методы баланса белого, методы выравнивания гистограммы, повышение контрастности, гамма-коррекцию и улучшение цвета. В этой статье в основном анализируется и изучается метод улучшения гистограммы.

Гистограмма исходного изображения преобразуется в равномерно распределенную форму для увеличения динамического диапазона значения серого пикселя, чтобы достичь эффекта повышения общей контрастности изображения. Процесс преобразования изображения в другое изображение со сбалансированной гистограммой посредством преобразования оттенков серого, то есть изображение с тем же количеством пикселей в определенном диапазоне оттенков серого. «Центральная идея» состоит в том, чтобы изменить гистограмму оттенков серого исходного изображения с относительно концентрированного интервала оттенков серого на равномерное распределение во всем диапазоне оттенков серого. Выравнивание гистограммы заключается в нелинейном растягивании изображения и перераспределении значений пикселей изображения таким образом, чтобы количество пикселей в определенном диапазоне оттенков серого было примерно одинаковым. Выравнивание гистограммы – это изменение распределения гистограммы данно-

го изображения на «равномерное» распределение гистограммы распределения. Процесс выравнивания гистограммы выглядит следующим образом:

1. Расчет гистограммы серого исходного изображения.
2. Вычисление кумулятивной функции распределения серого исходного изображения, а затем получение таблицы преобразования серого.
3. Сопоставление каждой градации серого исходного изображения с новой шкалой серого в соответствии с таблицей преобразования серой шкалы.

Основные недостатки: уровень серого у преобразованного изображения снижается, некоторые детали исчезают, некоторые изображения, например, гистограмма, имеют пики, а контраст неестественно увеличивается после обработки.

Например, эта группа фотографий и ее гистограмма в градациях серого (Рис. 1). Фотография недоэкспонирована и имеет небольшой динамический диапазон.



Рисунок 1. Исходное изображение

Чтобы улучшить это изображение, можно увеличить динамический эффект исходного изображения с помощью линейного преобразования. Горизонтальная ось соответствует диапазону гистограммы оттенков серого, а вертикальная ось – новому динамическому диапазону выходных данных. вводится уравнение. Когда наклон больше 1, цель увеличения динамического диапазона может быть достигнута.

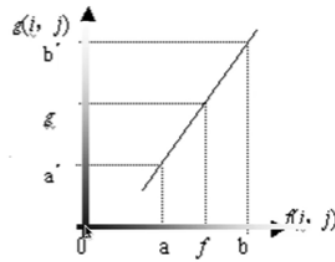


Рисунок 2.

После настройки динамического диапазона визуальный эффект изображения становится лучше.

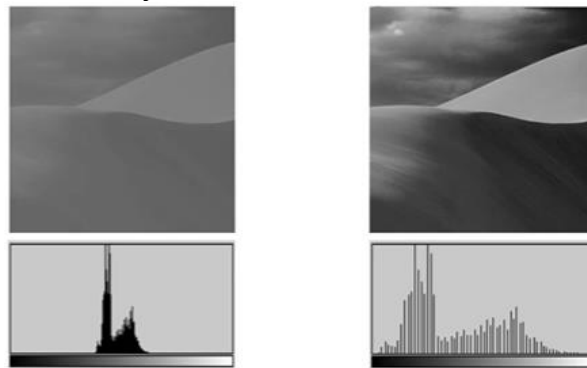


Рисунок 3. Скорректированное изображение

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ван Хуэйцин. Обработка цифровых изображений. Пекин: Beijing Post and Telecommunications Press, 2006
2. Ян Мяо, Ху Кэ, Исянду, Вэй Чжицян, Шэн Чжибин, Ху Цзиньтун, Улучшение подводного изображения на основе условного генеративного состязательного сетевого процесса сигнала., Image Commun, 2020. – 7с.
3. A. Galdran, D. Pardo, A. Picón, A. Alvarez-Gila, Автоматическое восстановление подводных изображений с помощью красного канала, J. Vis. Commun. Image Rep, 2015. – 138с.
4. Д. Л. Риццини, Ф. Калласи, Ф. Олеари и С. Казелли, Исследование обнаружения подводных объектов на основе зрения с несколькими наборами данных, int j adv robot syst, 2015.
5. Лев Манович, Компьютерное зрение, человеческие чувства и язык искусства, AI & SOCIETY, 2020.

Паттирадджаване Виктор Эрик (Индонезия)

Томский государственный университет
систем управления и радиоэлектроники, Томск

Научный руководитель: Боровской Игорь Георгиевич,
д. ф.-м. н., профессор

СРАВНЕНИЕ СИСТЕМ НЕЧЕТКОГО ВЫВОДА МАМДАНИ, СУГЕНО И ЦУКАМОТО В ПОДДЕРЖКЕ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЫДАЮЩИХСЯ СОТРУДНИКОВ

1. Введение

Система поддержки принятия решений - это информационная система, которая поддерживает бизнес или организационную деятельность по принятию решений. Она обслуживает уровни управления, операций и планирования организации (обычно средний и высший менеджмент) и помогает людям принимать решения по вопросам, которые могут быстро меняться и которые нелегко предопределить, например, неструктурированные и частично структурированные проблемы принятия решений [1]. Выдающиеся сотрудники - это сотрудники, которые ясно продемонстрировали полезные нововведения и творческий подход и показали хорошие результаты по сравнению с другими сотрудниками после оценки и определения уполномоченным должностным лицом. Выдающиеся сотрудники оцениваются на основе принципов законности, объективности, измеримости, подотчетности, участия и прозрачности [2]. Для реализации этих пяти аспектов и поддержки принятия решений при определении выдающихся сотрудников предлагается метод нечеткой логики. В этой статье будет обсуждаться сравнительная система нечеткого вывода Мамдани, Цукамото и Сугено. Цель состоит в том, чтобы выяснить, какой метод более эффективен и прост в использовании при принятии решений для определения выдающихся сотрудников, используя данные о посещаемости, производительности и поведении, а также правила экспертов и оценки сотрудников в качестве выходных переменных.

Ранее было проведено несколько подобных исследований, например, было показано, что метод Цукамото лучший с точки зрения снижения потребления электроэнергии в системах кондиционирования [3]. В другой статье считать, что Мамдани обладает большей выразительностью и интерпретируемостью, чем Сугено, а Мамдани интуитивно понятен и подходит для человеческого вмешательства, поэтому он более популярен [4]. Кроме того, авторы другого исследования утверждают,

что система нечеткого вывода Сугено имеет лучшую точность, что дает преимущества при интерпретации правил вычисления нечеткого вывода и дефаззификации [5].

Все это подтолкнуло авторов к необходимости проведения собственного исследования.

2. Основная часть

2.1. Нечеткая логика

Нечеткая логика была введена в 1965 году Лотфи А. Заде из Калифорнийского университета в своей научной работе Теория нечетких множеств [6]. Термин «нечеткий» относится к вещам, которые не являются ясными, что обеспечивает неоценимую гибкость для рассуждения, так что мы можем рассмотреть неточности и неопределенности любой ситуации [7]. Если в таблице истинности классической логики/ булевой логики 1 представляет абсолютную истину, а 0-абсолютную ошибку, то в нечеткой логике существует значение между 1 и 0, которое представляет собой частично истинную и частично ложную. Функция принадлежности или нечетким множеством, обозначаемое « μ », содержит элементы, которые находятся между 1 и 0 с различными степенями принадлежности в каждом множестве. Нечеткие множества имеют 2 атрибута: лингвистические, которые представляют собой группы, представляющие определенные ситуации с использованием естественного языка; и Числовые, группы, представленные числом для определения размера переменной. Значение универсума/речевого универсума - это все значения, которые могут работать в нечеткой переменной [8]. Область нечетких множеств - это все значения, допустимые в говорящей вселенной, и они могут работать в нечетком множестве. Операции над нечеткими множествами включают операцию объединения «ИЛИ» (обозначается \cup), которая является операцией, определяемой максимальным значением 2 или более нечетких множеств; операцию пересечения «И» (обозначается \cap), которая является операцией, определяемой минимальным значением 2 или более нечетких множеств. Система нечеткого вывода - это метод, который интерпретирует значение входного вектора на основе нескольких наборов правил, а затем присваивает значение выходному вектору, как показано на рис. 1. Система нечеткого вывода (Fuzzy Inference System/FIS), также известная как механизм нечеткого вывода, может рассуждать по тому же принципу, по которому человек может рассуждать со своими инстинктами.

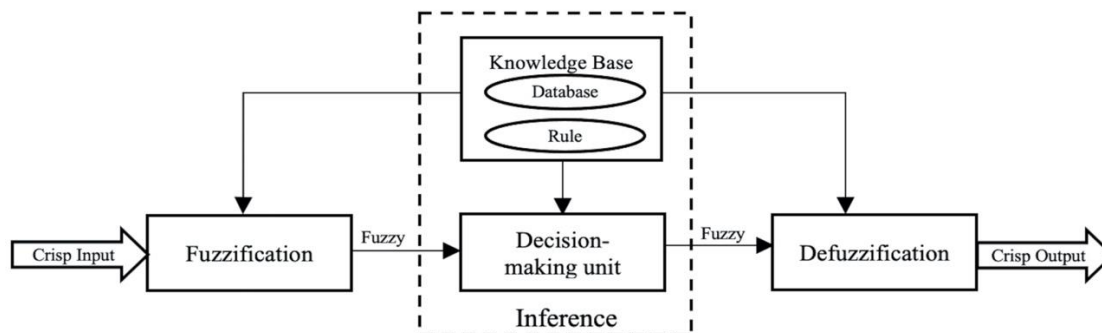


Рисунок 1. Нечеткая Система Вывода

Фаззификация - это процесс изменения входных данных системы в виде четких значений в переменные нечеткого множества с использованием членства, хранящегося в базе знаний. Вывод - это процесс преобразования нечетких входных данных в нечеткие выходные данные путем следования правилам (IF-THEN), которые были установлены в базе нечетких знаний. Дефаззификация-это процесс преобразования нечетких выходных данных в четкие значения.

2.2. Эксперименты и результаты

В этом исследовании в качестве входных переменных использовались данные о посещаемости, производительности и поведении сотрудников, разделив каждый из них на 3 нечетких набора, а именно Плохой / низкий набор= [0 6], Нормальный набор= [3 9], Хороший / высокий набор= [6 9]. Что касается выходных переменных в методе Мамдани и Цукамото, то используются данные оценки, которые делятся на четыре нечетких множества, а именно экстраординарное множество = [90 100], лучшее множество = [80 100], хорошее множество = [50 90], плохое множество = [30 70], что видно на рис. 2.

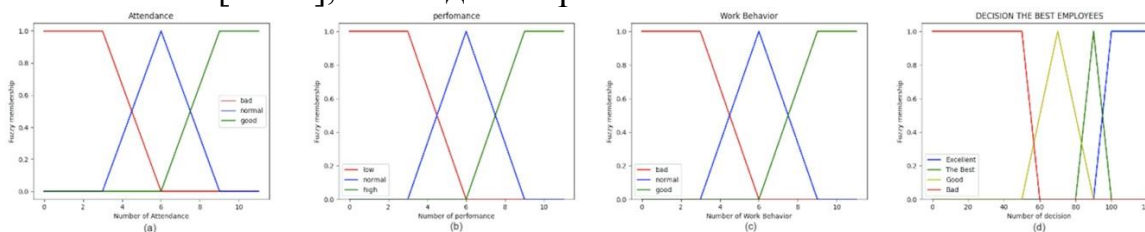


Рисунок 2. Вход нечеткого множества (a),(b), (c);
Выход Нечеткого Множества (d)

В методе Сугено данные оценки в качестве выходной переменной представляют собой математическую функцию, которая определяется постоянным значением следующим образом: Экстраординарный [100];

Лучший [90]; Хороший [70]; Плохой [50]. В эксперименте использовались 3 части выборочных данных, как показано в таблице 1.

Таблица 1

Выборка данных

Эксперимент	Название сотрудников	Данные о посещаемости	Данные о производительности	Данные о поведении
I	Пётр	8	7	9
II	Таня	7	6	8
III	Владимир	8	9	9

2.2.1. Метод Цукамото

Метод Цукамото был представлен в 1979 году. В этом методе следствие каждого нечеткого правила представлено нечетким множеством с монотонной функцией принадлежности. Фаззификацию проводили в первого эксперимента, используя формулу:

$$\mu[x] = \begin{cases} 0; & x \leq a, x \geq c \\ \frac{x-a}{b-a}; & a < x \leq b \\ \frac{c-x}{c-b}; & b < x \leq c \end{cases}$$

Чтобы получить следующие функции принадлежности:
 $\mu_{Н.норм}[8]=0.33$; $\mu_{Н.хороший}[8]=0.67$; $\mu_{К.норм}[7]=0.67$;
 $\mu_{К.высокий}[7]=0.33$; $\mu_{Р.хороший}[9]=1$.

На этапе вывода используйте некоторые правила, показано в таблице 2.

Н = Посещаемость; К = Производительность; Р = Поведение ; О = Оценка

Таблица 2

База правил

№.	Правил
П[1]	IF Н хороший AND К высоко AND Р хороший, THEN О экстраординаро
П[2]	IF Н хороший, AND К высоко AND Р нормально, THEN Н лучший
П[3]	IF Н хороший AND К высоко AND Р плохо, THEN О хороший
П[4]	IF Н хороший AND К нормально AND Р хорошо, THEN О лучший
П[5]	IF Н хороший AND К нормально AND Р нормально, THEN О хороший
П[6]	IF Н нормально AND К низкое AND Р нормально, THEN О хороший
П[7]	IF Н нормально AND К низкое AND Р плохо, THEN О плохой

Процесс дефаззификации осуществляется методом среднего значения по формуле $Z^* = \frac{\sum(\alpha\text{-предикат}-i*Z_i)}{\sum\alpha\text{-предикат}-i} = \frac{135.04}{1.66} = 81.35$.

Где α = альфа-предикат (минимальное значение степени принадлежности), Z_i = четкая величина, полученная из формулы степени принадлежности нечеткого множества, являющегося выходным значением, и Z = средняя центрированная дефаззификация.

2.2.2. Метод Сугено

Этот метод был разработан Мичио Сугено в 1985 году. Все еще используя те же принципы фаззификации и дефаззификации, что и Цукamoto. Но в процессе вывода Сугено использует линейные уравнения или математические функции для определения правил вывода, которые в данном исследовании используют постоянное значение.

$$\alpha\text{-предикат} = \mu_N; \text{хороший [7]} \text{ И } \mu_K; \text{норм[6]} \text{ И } \mu_P; \text{хороший[8]} \\ = \text{MIN}(0.3; 1; 0.67) = 0.3;$$

Где z как выход в правиле значение 90.

Дефаззификации использует метод среднего значения, с формулой:

$$Z^* = \frac{\sum \alpha\text{-предикат}i * z_i}{\sum \alpha\text{-предикат}i} = \frac{115.9}{1.57} = 73.82$$

С методом Сугено во второй эксперименте было получено значение 73,82

2.2.3. Метод Мамдани

Этот метод был разработан Эбрахим Мамдани из Лондонского университета в 1975 году. В третьем эксперименте был проведен процесс фаззификации, получено: μ_N ; хороший [8]=0.67; μ_N ; норм[8]=0.333; μ_K ; хороший[9]=1; μ_P ; хороший[9]=1.

В процессе вывода он просто ищет значение альфа-предиката с использованием минимальную функцию.

$$\alpha\text{-предикат}1 = \min(0.67; 1; 1) = 0.67; \alpha\text{-предикат}2 = \min(0.33; 1; 1) = 0.33$$

После этого используйте альфа-значение предиката для определения четкого значения каждого выхода, которое известно как агрегация или использование максимального значения области нечеткого множества.

$$0.67 = \frac{z-90}{10} \rightarrow Z1=96.7 ; 0.33 = \frac{z-80}{10} \rightarrow Z2=83.3 ; 0.33 = \frac{100-z}{10} \rightarrow Z3=96.7$$

Процесс дефаззификации осуществляется путем деления выходных областей на несколько частей, затем вычислить момен и площадь области с интегралом.

$$A1 = \int_{83.3}^{96.7} \frac{z-80}{10} ; \text{Момен } A1 = \int_{83.3}^{96.7} \frac{z-80}{10} z \cdot dz = 1226.04 ; \text{Площадь } A1 = \int_{83.3}^{96.7} \frac{z-80}{10} dz = 12.95$$

С использованием метода центроида получается: $Z^* = \frac{\sum \text{Момент-}i}{\sum \text{Площадь-}i} = \frac{1226.04}{12.95} = 94.67$.

Результаты всех экспериментов показаны в таблице 3.

Таблица 3

Экспериментальные данные

Система нечеткого вывода	Эксп.1	Эксп.2	Эксп.3
Мамдани (Центроидный метод)	79.05	74.02	94.67
Сугено (Средневзвешенный)	88.01	73.82	96.7
Цукамото (Средневзвешенный)	81.35	64.37	92.7

3. Заключение

Экспериментальные данные исследования показывают, что нечеткая логика может быть использована для поддержки принятия решений в процессе определения выдающихся сотрудников, но она дает различные результаты в зависимости от используемой системы вывода. Метод Цукамото использует минимальные импликации механизма оценки вывода и метода дефаззификации центрированного среднего. Метод Сугено использует минимальные импликации и функцию выравнивания на механизме оценки вывода, а также метод центрированной средней дефаззификации. Метод Мамдани использует минимальную функцию и правила композиции для максимальной функции в механизме вывода, а также методы центроид в процессе дефаззификации.

Но мнению автора система нечеткого вывода Цукамото наиболее подходит для поддержки принятия решений по определению выдающихся сотрудников, поскольку он не требует применения дефаззификации, как метод Мамдани, и имеет более монотонную выходную функцию принадлежности в сравнении с методом Сугено. Метод Цукамото проще, имеет высокую скорость вычислений, интуитивно понятен и лучше подходит для человеческого ввода.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. P. G. W. Keen, Decision Support Systems: a Research Perspective. International Institute for Applied Systems Analysis, 1980.
2. Kemendikbud-Indonesia, "Peraturan Menteri Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia nomor 30 tahun 2018 tentang Pemberian penghargaan kepada pegawai berprestasi di lingkungan kementerian pendidikan dan kebudayaan," 2019.
3. A. Saepullah and R. S. Wahono, "Comparative Analysis of Mamdani, Sugeno and Tsukamoto Method of Fuzzy Inference System for Air

- Conditioner Energy Saving,” J. Intell. Syst., vol. 1, no. 2, pp. 143–147, 2015.
4. A. Dutta and A. P. S. Rathore, “Estimating Ergonomic Compatibility of Cars: A Fuzzy Approach,” Procedia Comput. Sci., vol. 167, no. 2019, pp. 506–515, 2020, doi: 10.1016/j.procs.2020.03.270.
 5. W. E. Sari, O. Wahyunggoro, and S. Fauziati, “A comparative study on fuzzy Mamdani-Sugeno-Tsukamoto for the childhood tuberculosis diagnosis,” AIP Conf. Proc., vol. 1755, no. 1, p. 70003, Jul. 2016, doi: 10.1063/1.4958498.
 6. L. A. Zadeh, “Fuzzy sets,” Inf. Control, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, Jun. 1965, doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
 7. T. J. Ross, Fuzzy Logic with Engineering Applications. Wiley, 2010.
 8. N. Honda and A. Ohsato, Fuzzy Set Theory and Its Applications, vol. 13, no. 2. 1986.

Перес Москоте Даниэль Адриан (Колумбия)

Национальный исследовательский университет «МЭИ», г. Москва

Научный руководитель: Тягунов Михаил Георгиевич, д.т.н., профессор

ЗНАЧЕНИЕ ГИБКОСТИ СПРОСА В РАСПРЕДЕЛЁННЫХ ЭНЕРГОСИСТЕМАХ

Введение

В настоящее время энергетический сектор переживает трансформацию от энергетических систем, основанных на ископаемом топливе, к низкоуглеродным энергетическим системам с распределённой выработкой энергии около точек потребления [1]. Эта трансформация известна как «энергетический переход», и она важна не только для сокращения выбросов CO₂ и ограничения последствий изменения климата, но также для обеспечения доступа к современной, непрерывной и устойчивой электроэнергии для всех по доступной цене [1].

Теперь в энергетических системах есть активные потребители, которые не только берут электроэнергию из сети, но и могут генерировать свою собственную энергию с помощью установок возобновляемой энергии, и которые могут даже продавать энергию обратно в сеть или своим соседям [2]. В настоящей работе показано влияние гибкого потребительского спроса на электроэнергию на проектирование распределённых энергетических систем.

Гибкость спроса на электроэнергию

Гибкость спроса на электроэнергию может стать ещё одним важным инструментом активного участия потребителей в энергетическом секторе. Гибкость спроса заключается не в снижении энергетических нагрузок, а в переносе энергетических нагрузок на часы, когда есть большая доступность возобновляемых источников энергии [3].

Чтобы оценить влияние гибкости спроса на энергетические системы, небольшая распределённая энергетическая система, расположенная в центре Колумбии, была спроектирована и смоделирована с помощью программного обеспечения «HOMER Grid» [4]. Благодаря расположению в экваториальном регионе Колумбия имеет важные ресурсы солнечной энергии, составляющие около 5,7 кВт-ч / м² / день [5]. Тариф на электроэнергию составляет \$0,14 доллара США за кВт-ч [6].

Проектируемая распределённая энергосистема состоит из 6 домов с типичным потреблением электроэнергии в регионе. Система подключена к электросети, и в каждом доме есть фотоэлектрическая установка без аккумуляторов. Общее потребление электроэнергии в системе составляет 1420 кВт-ч / месяц.

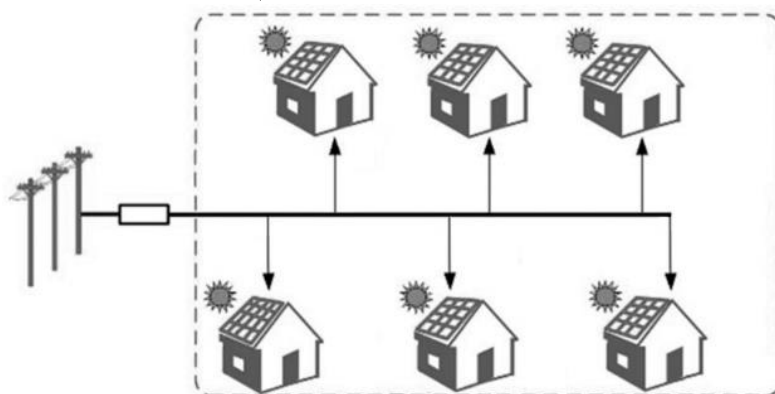


Рисунок 1. Схема распределённой энергосистемы

Для моделирования системы есть два разных случая спроса на электроэнергию. В первом случае существует негибкий график нагрузки, а это означает, что нагрузки не поддаются контролю. Во втором случае существует гибкий график нагрузки, при котором энергетические нагрузки могут быть перенесены на те часы суток, когда есть большая доступность солнечной энергии (ближе к полудню). График нагрузки каждого дома для каждого случая показан на рисунке 2.

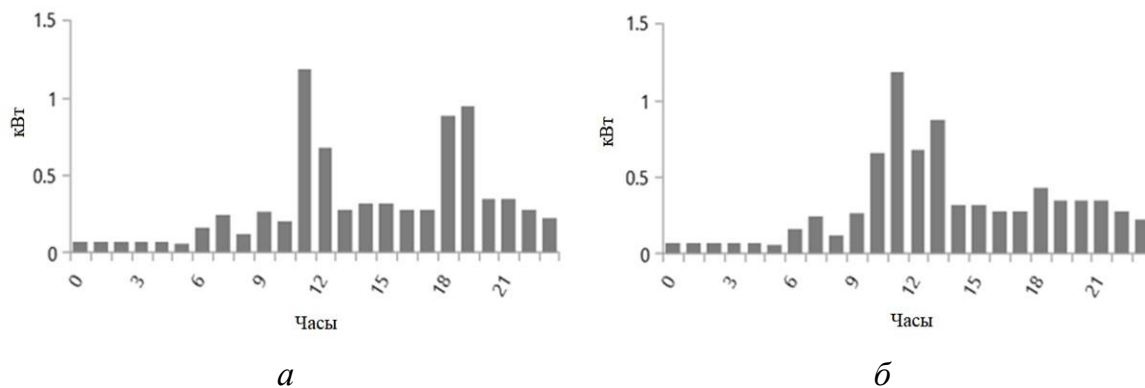


Рисунок 2. Суточный график нагрузки каждого дома:
(а) негибкий, (б) гибкий

Результаты

Распределённая энергетическая система моделируется и оптимизируется, и в результате получается, что гибкий график спроса позволяет экономически эффективно устанавливать большую солнечную фотоэлектрическую станцию для каждого дома, чем негибкий график спроса. На рисунке 3 показано, как в системе с негибким графиком нагрузки максимальная суммарная мощность фотоэлектрических станций составляет 3,25 кВт, а пик спроса на электроэнергию из сети-9,25 кВт. Для случая с гибким графиком спроса пиковая мощность фотоэлектрических установок составляет 5 кВт, а пик спроса из сети снижается до 7,5 кВт.

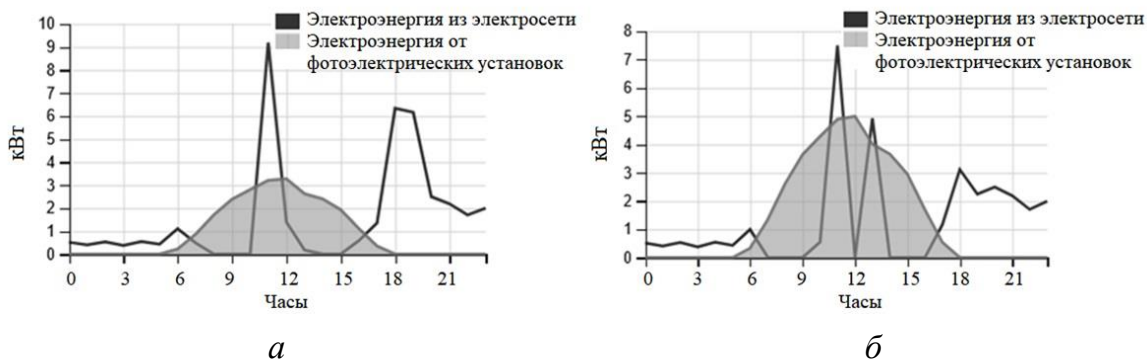


Рисунок 3. Общая мощность фотоэлектрических станций и спрос на электроэнергию из сети: (а) при негибком графике нагрузки, (б) при гибком графике нагрузки

В таблице 1 показаны основные результаты моделирования распределённой энергетической системы с негибким и гибким спросом на электроэнергию.

Таблица 2

Сравнение результатов моделирования.

	Негибкий спрос	Гибкий спрос
Общая номинальная установленная мощность фотоэлектрических установок [кВт]	3,5	5,4
Доля солнечной энергии в распределённой энергосистеме	34%	53%
Доля электроэнергии от фотоэлектрических установок	33%	48%
Начальный капитал	\$1548	\$2365
Ежегодная экономия на счетах за электроэнергию	\$691	\$1044
Ежегодная чистая экономия	\$360	\$539
Простой срок окупаемости	4,3 yr	4,4 yr
Нивелированная стоимость энергии	\$0,12/ кВт-ч	\$0,11/ кВт-ч

Доля солнечной энергии в распределённой системе увеличивается на 19% при гибком спросе, а процент электроэнергии, вырабатываемой солнечными фотоэлектрическими установками, увеличивается на 15% при гибком графике спроса. Простой срок окупаемости практически одинаков для обоих случаев, около 4,4 года. Нивелированная стоимость энергии (то есть средняя чистая приведённая стоимость кВт-ч полезной электроэнергии, вырабатываемой солнечными фотоэлектрическими установками [4]) несколько ниже при гибком спросе.

По результатам можно сделать вывод, что при гибкости спроса потребители могут позволить увеличить долю солнечной фотоэлектрической энергии в распределённых энергетических системах, уменьшив счета за электроэнергию, а также сократив выбросы CO₂. Кроме того, перенос электрических нагрузок на полуденные часы, когда имеется высокая солнечная энергия, снижает пиковый спрос из электросети, предотвращая дополнительные инвестиции в энергосистему для производства, передачи и распределения большего количества электроэнергии.

Выводы

Гибкость спроса становится важным инструментом для потребителей в трансформации энергетических систем, и она выполняет важные задачи:

- она облегчает интеграцию переменной возобновляемой энергии путём изменения графиков нагрузки в соответствии с выработкой возобновляемой энергии;

- она облегчает общесистемную электрификацию за счёт снижения пикового спроса на электроэнергию из электросети.

В долгосрочной перспективе гибкость спроса может помочь экономически эффективно сбалансировать возобновляемые источники энергии с потреблением, чтобы облегчить переход к более чистой энергосистеме. Научные исследования могут заложить основу для широкого внедрения технологий гибкости спроса в будущей энергосистеме с высоким уровнем интеграции возобновляемых источников энергии [7].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Международное агентство по возобновляемым источникам энергии (ИРЕНА). Энергетический переход // URL: <https://www.irena.org/energytransition> (дата обращения: 12.03.2021).
2. Перес Москоте Д.А., Тягунов М.Г. Improved distributed energy systems based on the end-user consumption profile. –М.: IGI Global, 2020.
3. Гольденберг К., Дайсон М., Мастерс Х. Demand flexibility – The key to enabling a low-cost, low-carbon grid. –М.: Rocky Mountain Institute (RMI), 2018.
4. HOMER Energy LLC. HOMER Grid Руководство пользователя // URL: <https://www.homerenergy.com/products/grid/docs/latest/index.html> (дата обращения: 22.02.2021).
5. Фотоэлектрическая географическая информационная система (PVGIS) // URL: <https://ec.europa.eu/jrc/en/pvgis> (дата обращения: 26.02.2021).
6. ENEL-Condessa. Тариф на электроэнергию – март 2021 г. // URL: <https://www.enel.com.co/en/people/energy-rates.html> (дата обращения: 26.02.2021).
7. Дайсон М., Мандель Дж. и др. The economics of demand flexibility. –М.: Rocky Mountain Institute (RMI), 2015.

Муэба Проспер (Республика Чад)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Недоливко Наталья Михайловна,
к.г.-м.н., доцент

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И ПЕТРОГРАФИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ СЕРПЕНТИНИТОВ ДАХОВСКОГО КРИСТАЛЛИЧЕСКОГО МАССИВА

Работа посвящена исследованию весьма сложного геологического объекта Северного Кавказа – протерозойским ультрабазитам западной части Передового хребта. Гипербазитовый комплекс в этом районе Кавказа является недоизученным в связи с плохой обнаженностью и труднодоступностью геологических разрезов [1]. Основные исследования данного геологического объекта были проведены еще в середине прошлого века. Район их изучения ограничивался преимущественно междуречьем рек: р. Сюк, р. Колесникова, руч. Липовый и р. Догуако.

В качестве основной проблемы выполняемой работы определено выяснение исходного состава серпентинитовых пород северо-западного Кавказа. Фактический материал собран автором в пределах Даховского кристаллического массива.

Приведены результаты обобщения литературных данных [1, 2] и изучения (химическими и петрографическими методами) имеющегося каменного материала по серпентинитам Даховского массива (рис. 1).



А

Б

В

*Рисунок 1. Образцы серпентинитов Даховского кристаллического массива
Серпентиниты: А – антигорит-баститовые (р. Сюк); Б – антигоритовые
(р. Колесникова); В – антигоритовые оталькованные (руч. Липовый)*

Тела серпентинитов, залегающих мелкими линзами и плитообразными массивами, приурочены к разломным структурам, имеют северо-

западное простирание и почти вертикальное падение. Мощность их варьирует от 20 до 200 м, протяженность 200-300 м [1].

Согласно проведенному петрохимическому анализу (табл. 1), исследуемые серпентиниты отличаются повышенным содержанием MgO и Fe₂O₃ и могут быть отнесены к ультраферрибазитам (по классификации Н.Д. Соболева [3]).

Таблица 1

Химический состав серпентинитов Даховского кристаллического массива

Место отбора	Содержание элементов, %					
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SiO ₃
р. Сюк	42.42	0.78	8.45	0.70	34,70	0.20
р. Колесникова	42.73	1.85	8.09	0.69	34,23	0.10
руч. Липовый	43.41	0,56	7.10	0.70	34,57	<0.03
Место отбора	Содержание элементов, %					
	TiO ₂	K ₂ O	Na ₂ O	MnO	P ₂ O ₅	Сумма
р. Сюк	0.04	0,03	0,03	0.044	<0.004	99.33
р. Колесникова	0.12	0,03	0,03	0.072	<0.004	99.45
руч. Липовый	0,01	0,24	0,03	0.005	<0.004	99.66

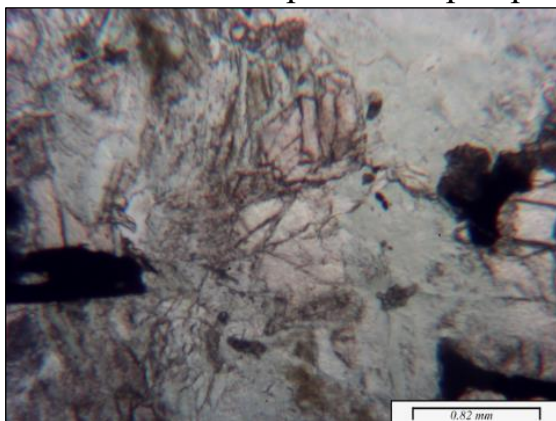
Примечание: потери при прокаливании составляют 11,7–12,65%.

В результате петрографического анализа выделено три типа серпентинитов.

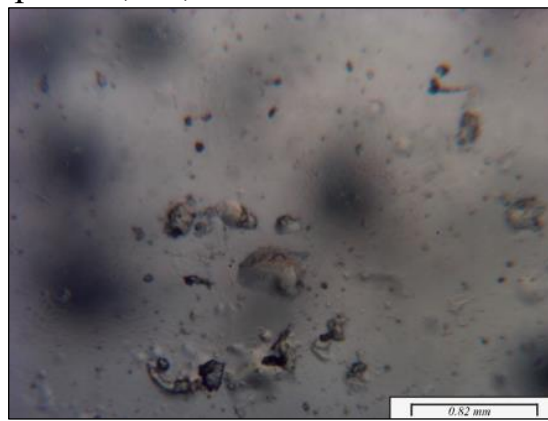
Первый тип – серпентиниты антигорит-баститовые: р. Сюк; шлиф 1132-2 (рис. 2, А). Микротекстура пород массивная, структура петьчатая. Порода на 76% состоит из серпентинового матрикса (рис. 2): волокнистого и микрокристаллически сетчатого антигорита (56%) и пластинчатых изометричных и слабо удлинённых индивидов бастита (20%). Исходными минералами являются оливин и бронзит. Изометричные реликты кристаллов оливина занимают 16% объема породы; по трещинам и периферии замещены агрегатами антигорита. 7% объема породы составляет ромбический пироксен – бронзит, образующий короткопризматические кристаллы, по краям замещённые баститом. Кроме того, в подчинённом количестве (3%) встречаются изометричные зерна магнетита в виде одиночных зерен, обособленных скоплений и пойкилитовых вростков в бронзите.

Второй тип – серпентиниты антигоритовые: р. Колесникова, шлиф 1121-5 (рис. 2, Б). Порода на 94% состоит из антигоритового матрикса, имеющего волокнистое и сетчатое строение и сложенного игольчатыми кристаллами серпентина размером менее 0,05 мм. Сетчатые и волокнистые агрегаты находятся в породе примерно в равном количе-

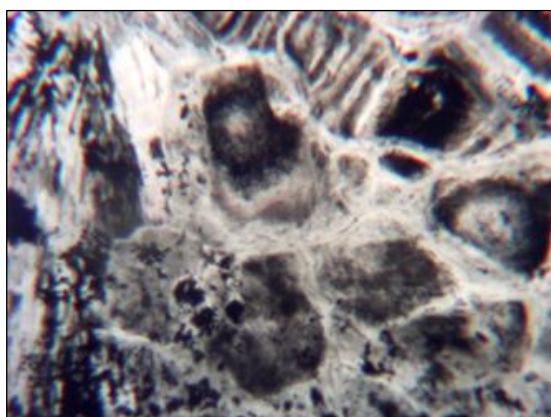
стве. 4% объема породы занимают жилковидные тела толщиной 0,02-0,09 мм и протяженностью до нескольких мм, сложенные волокнистым антигоритом, частично замещенным тальком. В количестве 2% присутствует магнетит, образующий тонкие линзочки (0,01-0,2x0,3-0,6 мм) и одиночные изометричные зерна размером 0,2-0,2 мм.



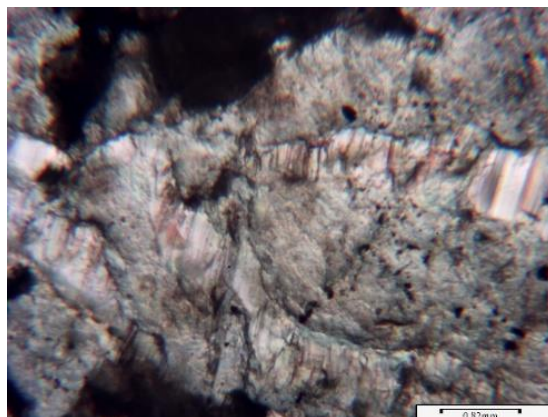
А



Б



В



Г

Рисунок 2. Типы серпентинитов Даховского кристаллического массива западной части Передового хребта Северного Кавказа: А – Серпентинит антигорит-баститовый. Шлиф 1132-2 (без анализатора); Б – Серпентинит антигоритовый. Шлиф 1121-5 (без анализатора); В – Серпентинит антигоритовый оталькованный. Шлиф 1122-7 (без анализатора); Г – Прожилки талька в серпентините антигоритовом оталькованном. Шлиф №1-1 (без анализатора)

Третий тип – серпентиниты антигоритовые оталькованные: р. Липовый; шлиф 1122-7 (рис. 2, В). Микротекстура пород беспорядочная, обусловлена равномерным распределением породообразующих компонентов; структура – петельчатая, средне-мелкокристаллическая. Породы на 68-72% сложены серпентиновой основной тканью. Серпентин представлен двумя агрегатными разновидностями: 1 – пластинча-

тыми кристаллами (0,5-1,2 мм) бастита (13-14%); 2 – ассоциацией сетчатых агрегатов (0,2-0,9 мм) антигорита (35-37%) и удлинено-волокнистых скоплений (размером 0,02-0,03x0,4x0,85 мм) хризотил-асбеста (20-22%).

В серпентиновой матрице встречаются изометричные реликты (0,2-0,4x0,3-0,5 мм) кристаллов оливина (15-16%); (5-6%) ромбического пироксена (0,3-0,5x0,5-0,7 мм); 2-3% составляют мелкие (0,5-0,6 мм) кристаллы кальцита, частично замещающие зерна оливина; изометричные зерна (0,2-0,5 мм) магнетита составляют 2-4%, замещая и образуя сростки с реликтами ромбического пироксена; присутствуют лучистые агрегаты (0,2-0,8 мм) талька (4%). Породу пересекают в разных направлениях тонкие (0,02-0,07 мм) трещины, заполненные микрокристаллическим агрегатом талька и тремолита.

По химическому и минеральному составу породы Даховской горст-антиклинали не отличаются от ультрабазитов, ассоциирующих с кристаллическими толщами других районов Передового хребта. Согласно Снежко Е.А [4] эти породы могут быть отнесены к гарцбургитовым альпинотипным ультрабазитам континентальных областей.

Проведенные исследования серпентинитов Даховского кристаллического массива показали, что по ряду минералого-петрографических, петро- и геохимических характеристик (вещественный состав, повышенная магнезиальность, пониженные содержания окиси кальция и щелочей, относительно высокие содержания Cr, Ni, Co) они могут быть использованы как минеральное удобрение в сельском хозяйстве, учитывая географическое расположение и близость распространения серпентинитов к аграрному району и опыт использования серпентинитов аналогичного состава сопредельных территориях в качестве магниевого удобрения [5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондарева О.С., Леднев А.Н. Основы проведения геологической практики. Учебные геологические маршруты на территории ЮФО (Республика Адыгея): учебное пособие. – Ростов-на-Дону, Таганрог: Изд-во Южного федерального ун-та, 2018. – 100 с.
2. Великанова О.Ю., Великанов Ю.Ф. Петролого-геохимические особенности и рудоносность ультрабазитов девладовского массива (Среднее Приднепровье) // Геохімія та рудоутворення – 2010 – № 28. – С. 103–108.
3. Соболев Н.Д. К петрохимии ультраосновных пород // Геохимия – 1969. – № 8. – С. 679–695.

4. Снежко Е.А. Петрохимические типы ультрабазитов Северного Кавказа и их структурная позиция. – Новочеркасск, 1985. Деп. ВИНТИ, № 7884-В85.
5. Справочник по месторождениям неметаллических полезных ископаемых Краснодарского края / Н.И. Бойко, Д.Ф. Власов, И.В. Голиков-Заволженский и др. – Ростов-на-Дону: Издательство Ростовского ун-та, 1975. – 22 с.

Наумкин А.С., Салум А.

Томский политехнический университет, г.Томск

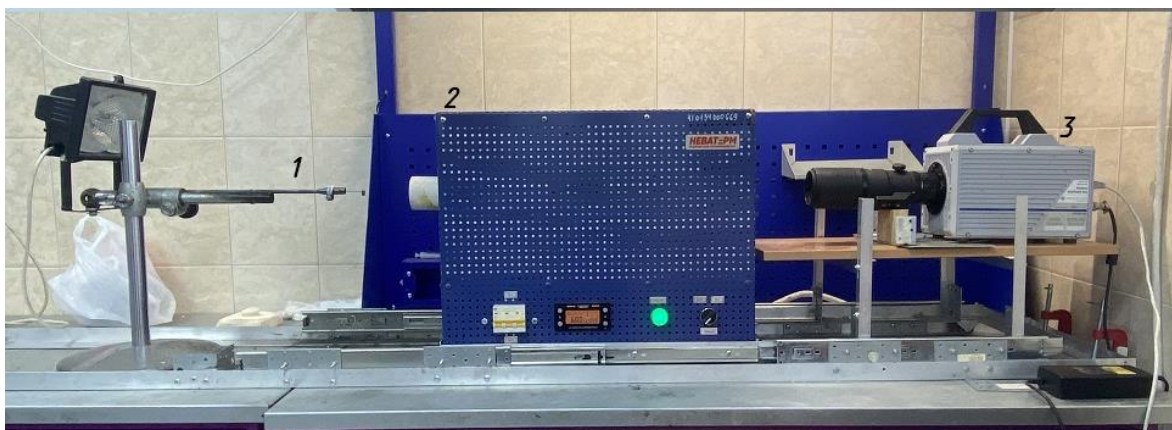
Научный руководитель: Борисов Борис Владимирович,
д. ф.-м.н., профессор

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ИСПАРЕНИЯ КАПЕЛЬ ВОДО-МЕТАНОЛЬНОГО РАСТВОРА В ОБЛАСТИ ПОВЫШЕННОЙ ТЕМПЕРАТУРЫ

Процессы горения и испарения - одни из основных процессов в энергетике, технологиях химической и газовой промышленности. Так, например, процесс добычи природного газа и подготовки его к транспортировке влечет к образованию отходов в виде водных растворов различных видов органического сырья и его производных. Для соответствия технологического процесса экологическим нормам необходимо утилизировать эти отходы учитывая минимальный ущерб окружающей среде. В работе [1] проведена серия физических экспериментов, результаты которых используются в модели термического обезвреживания водо-метанольного раствора (ВМР) в газовой горелке [2].

Результаты физических экспериментов в дальнейшем будут являться базой для формирования математической модели, которая включает испарение, зажигание, сгорание в программном комплексе ANSYS Fluent.

Эксперименты проведены на установке, схема которой представлена на рисунке 1 [3].



*Рисунок 3. Схема экспериментального стенда:
1 – дозатор; 2 – муфельная печь; 3 – видеокамера*

Для проведения опытов использовалась камерная электропечь сопротивления П-50х60х500 t-1280, заводской номер 002023. Капля раствора закреплялась на неподвижной конструкции. Конструкция выполнена из оцинкованной проволоки LUX-TOOLS BASIC диаметром 0,4 мм. Для исследований испарения капель ВМР изменялись доли метанола в растворе и температуры поверхности нагрева муфельной печи. Рассматривался водо-метанольный раствор с концентрацией метанола от 1% до 40%. Водо-метанольный раствор для поддержания одинаковой концентрации по всему объему подвергается периодическому перемешиванию.

Регистрация динамики процесса производилась высокоскоростной видеокамерой Phantom v411 (скорость кадров 4200 к/с, разрешение 1280х800 пикселей). Программный комплекс TemaAutomotive дает возможность произвести покадровый просмотр результатов, на основе которых производится оценка изменения геометрии, по которым рассчитывались объемная и массовая скорость испарения капли. Регистрация температуры среды внутри нагреваемой полости проводилась с помощью хромель-алюмелевой термопарой и поддерживалась постоянной с помощью контроллера печи. После закрепления капли на специальной конструкции, на схеме указанна под номером 1, каретка с печью двигалась по горизонтали, чтобы капля переместилась в центральную часть нагреваемой полости.

В процессе испарения капли отмечен развитый характер движения диффузии и конвекции внутри капли растворенного горючего, что представлено на рисунке 2.

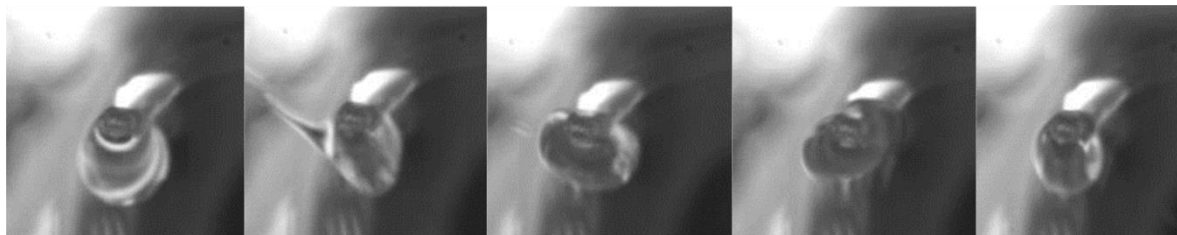


Рисунок 2. испарение капли 5% ВМР, при температуре 900°C и времени 4,65 с. после помещения в печь

Для формирования математической модели необходимо рассматривать двумерную модель и учитывать распределение температур по высоте или в рамках более простой модели в рамках одномерной сферической симметрии нам необходимо использовать экспериментальную установку с наименьшим отличием температуры по высоте оси [4].

На рисунке 3 представлена динамика капли ВЭР при испарении в различные моменты времени по результатам экспериментов.

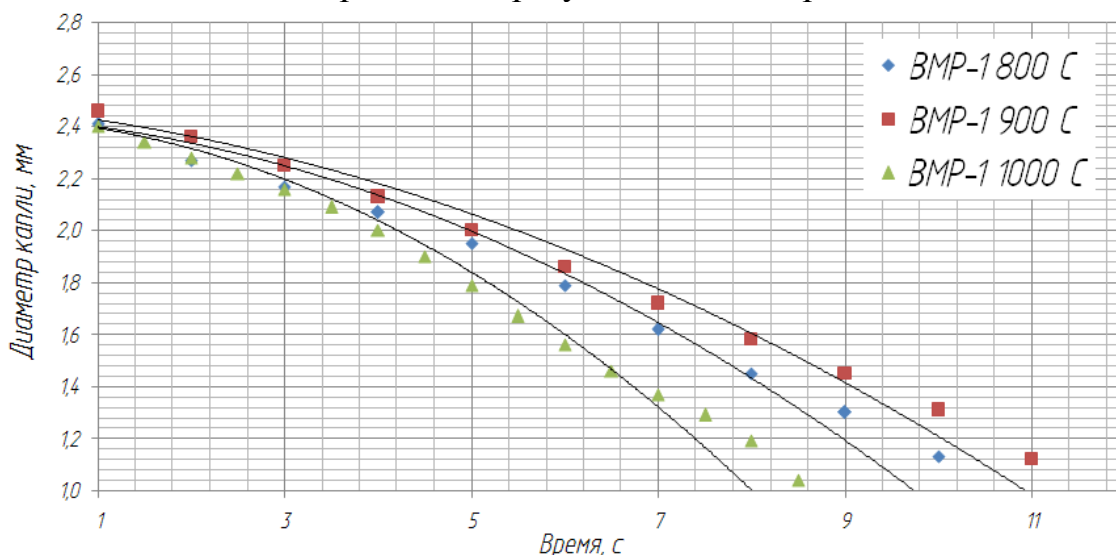


Рисунок 3. Динамика капли ВЭР при испарении в различные моменты времени

Результатами физических экспериментов является динамика процессов испарения каплей ВМР при различных концентрациях метанола и температурах внутри нагреваемой полости. Необходимо отметить, что зависимость геометрических характеристик капли не линейна.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Naumkin A. S., Borisov B. V., Nigay A. G. Influence of water-methanol solution additives on hydrocarbon fuel combustion in burner

- //MATEC Web of Conferences. – EDP Sciences, 2018. – Т. 194. – С. 01042.
2. Созонов Н. А., Белобородов А. В., Теньковский Д. В. Горизонтальные факельные установки ООО «ТЮМЕННИИГИПРОГАЗ» // Экспозиция Нефть Газ. – 2012. – №. 7 (25).
 3. Naumkin A., Borisov B., Razva A. Study process of evaporation drop water-methanol solution with exposed high temperature //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2019. – Т. 2135. – №. 1. – С. 020041
 4. Гендугов В. М., Смирнов Н. Н., Тюренкова В. В. Решение задачи диффузионного горения капли с учетом нескольких независимых реакций //Физика горения и взрыва. – 2013. – Т. 49, №. 6. – С. 31-40.
 5. E. Ya. Gatapova, A. A. Semenov, D. V. Zaitsev, O. A. Kabov. Evaporation of a sessile water drop on heated surface with controlled wettability// Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects-2014.-Vol.441.-PP.776-785.

Ткаченко Артем Александрович (Россия)
Свешников Иван Игоревич (Казахстан)
Рыбалов Антон Вячеславович (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Агранович Виктория Борисовна,
к. филос. н., доцент

КАТАСТРОФА НА ТРИ МАЙЛ АЙЛЕНД: ПРОБЛЕМА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ФУНКЦИЙ И ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ МЕЖДУ ЧЕЛОВЕКОМ И МАШИНОЙ

Авария на атомной электростанции «Три Майл Айленд».

По неустановленной причине сработали пневматические приводы всей арматуры на входе и выходе из фильтров конденсатоочистки. Поток теплоносителя второго контура оказался полностью перекрыт.

Из-за нагрева второго контура, уменьшился теплоотвод от первого контура, и в реакторе начался рост температуры и давления.

Для отведения тепла от реактора, задействовали аварийную систему подпитки воды в генераторы пара из баков запаса конденсата.

Затем сработала аварийная защита реактора, турбогенератор перестал работать, активировался электромагнитный клапан на КД, для сброса давления в реакторной установке.

Электромагнитный клапан КД, по неопределённой причине не вернулся в прежнее положение после снижения давления в ядерной установке. Вследствие чего первый контур постоянно терял теплоноситель с расходом около 50 м³/ч.

Уровень в компенсаторе объёма снижался, а давление в активной зоне опустилось ниже нормального значения. Из-за этого автоматически сработали насосы системы аварийного охлаждения реактора, качающие в первый контур воду под давлением для возмещения утечек.

Уровень воды стал стремительно расти в КД. Операторы не знали о протечке и решили, что дополнительное питание излишнее, поэтому один из насосов был выключен. Все это негативно сказалось на ситуации, а уровень давления продолжил падать, и теплоноситель в первом контуре перешёл в кипящее состояние.

Операторы столкнулись с противоречивыми показателями, которых не понимали. Давление падало, а уровень в компенсаторе давления возрастал. Это не было описано в эксплуатационной документации, тренировки в этих условиях не проводились.

Вода вытеснялась паром, которой образовывался в активной зоне, в КД. Это создавало иллюзию полного заполнения водой первого контура. Действие ГЦН стало ослабевать из-за перекачивания неоднородной пароводяной среды, плотность которой падала из-за кипения охлаждающей жидкости. Из-за сильных вибраций ГЦН операторы выключили ГЦНы. На этом этапе была потеряно более 1/3 теплоносителя первого контура.

Циркуляция первого контура остановилась, это вызвало разделение теплоносителя на пар и воду. Далее в ходе кипения и выброса теплоносителя через электромагнитный клапан количество воды в активной зоне продолжило снижаться и началось осушение стержней. По итогу температура ТВЭЛов превысила 1825°С, их оболочки из Циркалоя-4 начали плавиться. Образовавшаяся расплавленная смесь из топлива, стали и циркония стекала вниз и отвердевала на границе кипения жидкости.

Авария на АЭС получила большую огласку, и для определения её причин и последствий были проведены независимые расследования.

Термин «культура безопасности» тогда не был распространён, чтобы быть в обиходе атомной отрасли. Однако, вывод комиссии можно выразить так: недостаток культуры безопасности.

Почему не смогли обнаружить утечку через клапан компенсатора давления?

Указателя действительного положения запора клапана не было предусмотрено, на пеньяли управления была лишь лампа, которая свидетельствовала о наличии питания на приводе клапана, поэтому система сигнализировала, что клапан закрыт. (человеческий фактор – недостатки конструирования);

На компенсаторе объёма были датчики, которые могли установить уровень воды в контуре, в отличии от активной зоны. А в КД уровень возрстал из-за вытеснения теплоносителя паром из активной зоны. (человеческий фактор – недостатки конструирования);

Неявные признаки, например, высокая температура в трубах после клапана и течь в барботажный бак не были приняты к сведению по той причине, что уже на протяжении большого промежутка времени, энергоблок действовал при течи через заслонку клапанного предохраняющего механизма превышающей допустимые значения и персонал решил, что высокая температура и протечки в бак конденсации, следствие данной течи (человеческий фактор – использование дефектного энергоблока);

Сигнала о росте радиации в воздухе гермооболочки не поступило, виной тому послужил порог срабатывания датчика, который возможно был неверно установлен. (человеческий фактор – некорректная настройка оборудования или ее дефект).

Никто точно не может сказать, что послужило точной причиной катастрофы, но, несомненно, можно говорить о том, что спутником аварии являлись факторы, а именно:

- Нарушение правил технической эксплуатации оборудования.
- Дефект запорной арматуры.
- Неверные действия сотрудников.

Вдобавок определённый вклад в дезориентацию управляющего персонала внесло несовершенство блочного щита управления. Было установлено, что существенной проблемой являлась логика работы и место расположения приборов и ключей на пульте управления. Ещё в первые минуты аварийная сигнализация выявила более ста проблем. Причём, данные не были ранжированы по приоритету. Устройство диагностики, могло отображать одну строку в четыре секунды, поэтому отстало от реальных событий на два часа. Повсеместно управляющие ключи и индикаторы были расположены иррационально, что заставляло операторов обходить панели управления в поисках нужного индикатора и терять на это время.

Проблема распределения функций между человеком и автоматикой. Автоматизированная система управления технологическим процессом.

Несколько десятилетий назад считалось, что люди обладают сомнительной надежностью, но в то же время способны поддерживать работоспособность в трудноформализуемых ситуациях, в отличие от автоматики. Современная автоматизированная система управления технологическим процессом может накапливать и глубоко анализировать огромные массивы данных, что в свою очередь даёт возможность перенести часть функций контроля и управления от человека к машине. Но в то же время это приводит к понижению причастности оператора к процессу управления, что отрицательно сказывается, когда от человека требуется принятие сложных и быстрых решений. В противовес принципу «преимущественных возможностей» появляется принцип «взаимодополняемости». Требуется обеспечить совместную деятельность человека и машины таким образом, чтобы происходило взаимоусиление их возможностей. Исключительная надежда возлагается на оператора в ситуациях, которые выходят за границы работы автоматики – сложные аномалии с наложением событий, критические аварии, задачи глобальной оптимизации работы АЭС. В это время объём знаний и количество факторов, которые необходимо учитывать в таких ситуациях, колоссальны, что ставит под угрозу поддержку интеллектуальной деятельности оператора.

Известны два способа такой поддержки:

1) Компьютерная имитация рассуждений человека, и выдача ему возможного решения. На этом подходе базируется большинство существующих систем поддержки операторов, основанных на принципах искусственного интеллекта.

2) Активация и ускорение мышления за счёт перевода части когнитивной деятельности на уровень восприятия. Этот способ состоит в проектировании таких визуальных образов, которые отображают не просто информацию, а некоторые операции её ментальной обработки, такие как сложение, сопоставление, сравнение, установление зависимостей и т.п. В нашей стране он называется «когнитивная графика», а в западных странах «экологический интерфейс».

Итак, в ходе расследования по делу Три Майл Айленд было признано, что персонал допустили череду ошибок, которые значительно ухудшили ситуацию. Причиной неверных действия стала перегрузка операторов информацией, в которой присутствовали данные, не относящиеся к происходящему, и просто неверные данные. После аварии были внесены изменения в систему подготовки персонала. До ката-

строфы основное внимание отводилось на умение оператора анализировать возникшую ситуацию и определять причину проблемы. После инцидента подготовка стала базироваться на выполнении оператором заранее прописанных технологических процедур. Также были модернизированы пульта управления и другое оборудование станции. На всех атомных станциях США были составлены планы действий на случай аварии, предусматривающие быстрое оповещение жителей в 10-мильной зоне.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Атомремонтсервіс // URL: <http://ars.atom.gov.ua/index.php/news/analiz-deystviy-personalaprivedshie-k-avarii-na-aes-tri-mayl-aylend-ssha-s-tochki-zreniya-sootvetstviya-printsipam-kulturyi-bezopasnosti/>
2. Wikipedia // URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Авария_на_АЭС_Три-Майл-Айленд#Радиационное_воздействие_на_население_и_окружающую_среду
3. CyberLeninka // URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/problemy-organizatsii-cheloveko-mashinnogo-interfeysa-asu-tp-aes/viewer>

Фан Куанг Мань (Вьетнам)

Казанский национальный исследовательский
технологический университет, г. Казань

Научный руководитель: Гумеров Фарид Мухамедович,
д.т.н., профессор.

КАТАЛИТИЧЕСКОЕ ОКИСЛЕНИЕ СТОЧНЫХ ВОД В СВЕРХКРИТИЧЕСКИХ ФЛЮИДНЫХ УСЛОВИЯХ

Перспективным методом при очистке стоков является проведение процесса сверхкритического водного окисления (СКВО) с использованием различных катализаторов, в основном металлосодержащих. Особый интерес представляют Fe-содержащие катализаторы, которые обладают высокой активностью в окислительных реакциях, в отличие от Cu-содержащих катализаторов, имеющих относительно невысокую стоимость и низкую степень дезактивации и вымывания из носителя. При-

менение Fe-содержащих катализаторов выгодно не только экономически, но и с технологической точки зрения. На их основе можно создавать различные комплексы, совмещая гомогенные и гетерогенные катализаторы. Также доказано, что данные катализаторы стабильны в агрессивных средах, что и требуется при проведении реакции в сверхкритических условиях [1]. Например, авторы работы [2] проводили исследования различных перовскитоподобных оксидов, в том числе и Fe-содержащих, используя их в качестве катализаторов в жидкофазном каталитическом окислении фенола, часто встречающегося в сточных водах многих производств в большом количестве, перекисью водорода. Анализ полученных результатов показал, что при окислении фенола из всех катализаторов с содержанием различных металлов (Cu, Fe, Ni, Mn, Co) наибольшее разложение наблюдается при использовании LaCuO₃ и LaFeO₃. Причем при использовании катализатора с содержанием меди количество общего органического углерода (ООУ) в смеси составляло 14%, а при использовании катализатора с железом содержание ООУ равнялось 67%. Соответственно, LaCuO₃ является более активным для данного типа реакции. Однако, количество вымываемого металла при использовании LaCuO₃ составило 1,73%, в то время как при использовании LaFeO₃ это содержание равнялось 0,45%. Количество лантана, вымываемого из катализатора в процессе реакции, составляли 0,23% для LaCuO₃ и 0,63% для LaFeO₃, то есть различались не сильно. Катализатор на основе меди является более активным, чем на основе железа. Однако, к содержанию в воде меди предъявляются более жесткие требования. Поэтому тот факт, что вымывание меди в 4 раза превосходит вымывание железа, а также дороговизна меди делают предпочтительным применение катализаторов с содержанием именно железа.

На кафедре «Теоретические основы теплотехники» ФГБОУ ВО «КНИТУ» спроектирована и собрана экспериментальная установка проточного типа, позволяющая проводить реакцию окисления стоков в сверхкритических условиях с применением катализаторов [1]. Для исследования процесса сверхкритического водного окисления с применением Fe-содержащих катализаторов были использованы сточные воды, получаемые при проведении реакции эпоксицирования пропилена предприятием «Нижнекамскнефтехим». В качестве Fe-содержащих катализаторов применялись ацетат железа Fe-Ac и гидроксид железа Fe-OH. Для исследования влияния катализаторов на процесс СКВО сточных вод проводили реакции без катализатора и в присутствии выше указанных катализаторов при различных температурах. Давление составляло 22,5÷25,5 МПа. Температура варьировалась от 673 до 873 К, в каждом последующем эксперименте ее увеличивали на 50 К по сравне-

нию с предыдущим. Также изменяли коэффициент избытка кислорода, проводили опыты с коэффициентом избытка 2 и 4. Реакции протекали в течение 2,91 – 3,11 минут. Степень разложения компонентов стоков оценивали по значению ХПК. ХПК – это химическое потребление кислорода, которое характеризует суммарное содержание в воде органических веществ по объему израсходованного на их полное окисление химически связанного кислорода. ХПК является общим показателем загрязнения сточных вод.

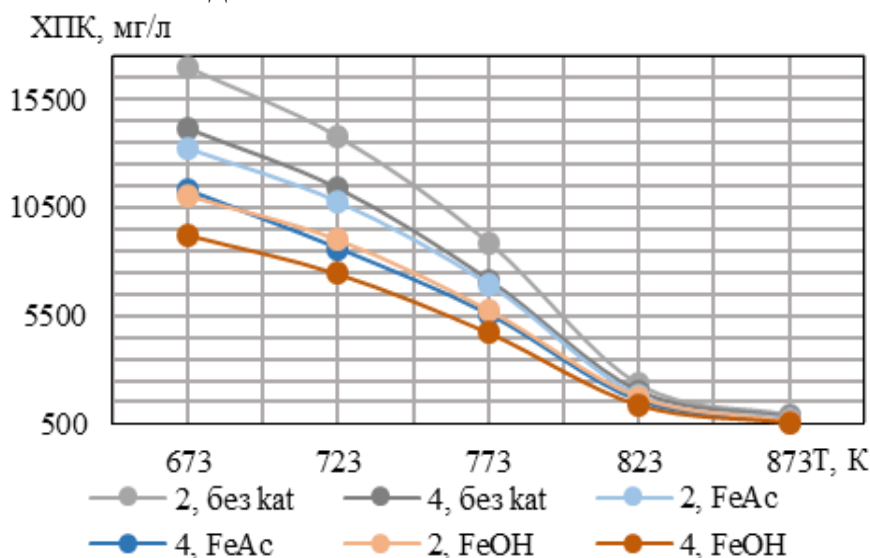


Рисунок 1. Значения ХПК процесса СКВО при каталитическом окислении стоков с избытком окислителя 2 и 4, а также в отсутствии катализаторов

Из рисунка 1 следует, что при коэффициенте избытка окислителя 4 ХПК воды принимает значения ниже при одних и тех же параметрах процесса, чем при коэффициенте избытка окислителя, равном 2. Это свидетельствует о том, что получение более низких значений ХПК воды можно добиться не только увеличением температуры и применением катализаторов, но и увеличением коэффициента избытка окислителя. Применение катализаторов целесообразно как с экологической точки зрения, так и экономической.

Благодарности: Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ, договор № 18-29-06041.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Каюмов Р.А., Сагдеев А.А., Гумеров Ф.М. Утилизация молибденсодержащего отхода с использованием сверхкритических флюидных сред. – Казань: Изд-во «Бриг», 2016. – 144 с.

2. Гумеров Ф.М. Сверхкритические флюидные технологии. Экономическая целесообразность. – Казань: Изд-во Академии наук РТ, 2019. – 440 с.

Шакир Хайдер Раззак Шакир (Ирак)

Волгоградский государственный технический университет,
г. Волгоград.

ГИДРАВЛИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ В СИСТЕМЕ РЕЧНЫХ РУСЕЛ

Введение

В настоящее время уделяется особое внимание гидравлическому сопротивлению. Гидравлическое сопротивление ГС (Hydraulic Resistance) является основной задачей гидравлики и особенно ее речной составляющей. Другими словами, можно сказать, что главной проблемой гидравлики является расчет средних скоростей русловых потоков, который основан на определении величины гидравлических сопротивлений.

Существуют более 200 источников исследований по данной проблеме, но все равно все эти исследования еще далеки от четкого решения. Полученные результаты исследований дают решение проблемы гидравлики с помощью расчета, используя такие гидравлические характеристики, как средняя скорость и расходы воды.

Для решения проблемы гидравлики, необходимо четко организовать учет воды. Чтобы правильно измерить расходы воды в открытых руслах реки, измерение производится на прямолинейных участках, где глубины и площади изменяются по длине. Это позволяет принимать движение воды как равномерное, и это облегчает процесс решения данной задачи (определение сопротивления в открытых руслах реки). В действительности, даже при этих ситуациях движение реки не является равномерным, а медленно изменяется по длине, это называют квази-равномерным (Quasi-uniform)

Гидравлическое сопротивление (Главная часть) [1].

Гидравлическое сопротивление определяется, в разных научных источниках, как сила, с которой русло реки сопротивляется движению потока. Однако его характеристикой принято считать коэффициенты Шези с гидравлического трения. Если Коэффициенты Шези (Chezy Coefficient) употребляются для оценки сопротивлений речных русел, то

гидравлические трения - для оценки сопротивлений различных искусственных сооружений [2,7].

Можно принять основное уравнение равномерного движения водного потока:

$$\frac{h_i}{l} * H = \frac{\tau_0}{\gamma}, h_i = \frac{\tau_0}{\gamma} * \frac{1}{H} = \lambda * \frac{1}{H} * \frac{v^2}{2g}$$

где, h_i – потери напора в расчетном участке русла,
 l – длина расчетного участка,
 H – Средняя глубина потока, H = гидравлический радиус
 τ_0 – касательное напряжение,
 γ – удаленный вес воды,
 λ – Коэффициент Дарси, гидравлическое сопротивление,
 коэффициент потери напора
 v^2 – средняя скорость потока воды,
 g – сила тяжести

Будем рассматривать основные принципы расчетов гидравлических сопротивлений. Часто в разных научных исследованиях используются документы наставления по изысканию и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки (НИМП-72). В данных документах методика основана на зависимости коэффициенты $C = f(h, n)$. При этом подходе коэффициенты шероховатости определяются по описательным характеристикам расчетного участка и соответствующим таблицам. Часто в России используются таблицы М.Ф. Срибного и И.Ф. Карасева, а западе используются таблицы В.Т.Чоу и Дж.Бредли. К сожалению, все перечисленные таблицы, как и сами коэффициенты шероховатости, имеют достаточно недостатков для их определения. Это как субъективные недостатки, так и широкий диапазон значений коэффициентов шероховатости при одной и той же характеристики.

Для определения коэффициента Шези C используются специальные таблицы, графики и эмпирические формулы различных авторов. Одна из них формула расчета Н.Н. Павловского

$C = \frac{R^y}{n}$, где n - коэффициент шероховатости, зависший от состояний стенок и дна

В формуле Н.Н. Павловского показатель степени y является функцией гидравлического радиуса R и n - коэффициент шероховатости, зависящий от состояний стенок и дна, он определяется по формуле :

$$y = 2,7\sqrt{n} - 0,13 - 0,75\sqrt{R}(\sqrt{n} - 0,1),$$

$$y = \begin{cases} 1,5\sqrt{n} \\ 1,3\sqrt{n} \end{cases} \text{ в первом случае при } R < 1 \text{ м, а во втором при } R > 1 \text{ м}$$

При определении коэффициента Шези C необходимо знать значения коэффициента шероховатости поверхности русла n .

Таблица 1

Открытые русла в естественном состоянии

Тип русла и его состояние	n
ОТКРЫТЫЕ РУСЛА В ЕСТЕСТВЕННОМ СОСТОЯНИИ	
Грунтовые каналы правильной формы, покрытые илистым грунтом	0,018
Каналы в песчаных и супесчаных грунтах	0,02
Каналы грунтовые без соответствующей дополнительной планировки поверхности	0,025
Грунтовые каналы при сравнительно плохих условиях содержания (наличие водорослей, валунов и булыжников на дне)	0,03
Грунтовые каналы при существенно плохих условиях содержания	0,035

Таблица 2

Открытые русла с искусственным креплением

Тип русла и его состояние	n
ОТКРЫТЫЕ РУСЛА С ИСКУССТВЕННЫМ КРЕПЛЕНИЕМ	
Оструганные доски	0,012
Необструганные доски	0,013
Поверхность, покрытая цементным раствором	0,013
Бетонированная поверхность	0,014
Бетонные поверхности неотделанные	0,017
Сборные бетонные лотки	0,013
Мощение из булыжного камня	0,022
Мощение из рваного камня	0,027
Каналы с дернованными откосами и мощением дна	0,033

В таблицах 1 и 2 приведены некоторые значения коэффициента шероховатости при среднем состоянии поверхности открытых русел (водотоков- Open Channels).

$C = \frac{R^y}{n}$ - данный коэффициент Шези зависящий от гидравлического сопротивления русла реки, как указывает К.В. Гришанин в своей работе

[4], зависит от трех факторов: вязкости воды, шероховатости стенок и измерения формы сечения по длине. Как описывает вышеуказанная формула, у учета принятого допущения о равенстве гидравлического сопротивления, неустановившееся движение потока имеет обратно-пропорциональную функциональную взаимосвязь с гидравлическим сопротивлением к установившемуся равномерному коэффициенту Шези. Полученные результаты исследований показали, что шероховатость русла реки является параметром определяющих гидравлического сопротивления [3].

Можно отметить, что количество формул для расчета коэффициента Шези более 200 формул. В вузах РФ для оценки данного параметра принимаются формулы Шези и Маннинга и также таблицы причислены в документах М.Ф. Срибного и И.Ф. Карасева, Чоу и Бредил. Где Δn – средняя величина отклонений табличных значений коэффициентов шероховатости от расчетных [5].

Таблица 3

Расчет коэффициента Шези для различных групп рек

Группа рек	Кол-во рек	$\Delta n/n_p = (n_p - n_m)/n_p$							
		по Срибному		по Чоу		по Бредли		по Карасеву	
		$\frac{\Delta \bar{n}}{n_p}$	$\frac{\Delta n_{\max}}{n_p}$	$\frac{\Delta \bar{n}}{n_p}$	$\frac{\Delta n_{\max}}{n_p}$	$\frac{\Delta \bar{n}}{n_p}$	$\frac{\Delta n_{\max}}{n_p}$	$\frac{\Delta \bar{n}}{n_p}$	$\frac{\Delta n_{\max}}{n_p}$
Равнинные	317	34,7	173	36,2	218	35,8	321	34,8	165
Горные и полугорные	185	31,9	208	30,8	203	32,4	255	31,7	210
Осредненные	502	33,7	208	34,1	218	35,1	321	33,8	210

Главная задача изучения динамики важной характеристики русла, влияющей на пропускную способность потока, приняты геометрические характеристики гидрозатвора Туямуюн, расположенного на участке общего размыва. [6,8]

Чтобы определить динамику гидравлического сопротивления русла реки и средней скорости потока воды, были произведены расчеты, при которых использовались различными формулами Маннинга (Manning) и неразрывности потока (Flow Continuity)

Таблица 4

Расчеты динамики гидравлического сопротивления русла реки

n	Фактическое значение расхода воды Q_n	Глубина потока, Н(м)	Ширина русла, $B=88,04Q^{0,266}$ (м)	Гидравлическое сопротивление $\lambda = \frac{8gn^2}{\sqrt[3]{H}}$	Коэффициент шези $C = \sqrt{\frac{8g}{\lambda}}$	Уклон	Средняя скорость потока U (м/с)	Расчетное значение расхода $Q_p = BHU$ (м ³ /с)	Разница
0.018	500	1,95	459,839	0,0203	62,177	0,00005	0,6139	550,48	50,48
0.019	1100	2,6	567,14	0,0206	61,723		0,70375	1037,72	62,28
0.020	2500	3,4	705,557	0,0209	61,278		0,798967	1916,64	583,36
0.025	3500	4,0	771,6176	0,0308	50,478		0,7138667	2203,33	1296,67
0.026	4000	4,4	799,517	0,032	49,523		0,7245	2583,88	1416,12
0.027	4500	4,6	824,963	0,034	48,04		0,72856	2764,76	1735,24
0.0275	4750	4,8	836,91	0,035	47,35		0,7335	2946,59	1803,41

Заключение:

Таким образом, можно сделать вывод, что сопротивление в зоне общего участка имеет динамику, согласно которой мы заключаем, что на рассматриваемом участке продолжают русловые деформации, и это подтверждают результаты научных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Барышников Н. Б. Гидравлические сопротивления речных русел. — СПб.: РГГМУ, 2003. — 147 с.
2. Барышников Н. Б. Динамика русловых потоков. — СПб.: РГГМУ, 2007. — 314 с.
3. Гончаров В. Н. Динамика русловых потоков. — Л.: Гидрометеиздат, 1962. — 375 с.
4. Гришанин К. В. Гидравлические сопротивления естественных русел. — Л.: Гидрометеиздат, 1992. — 183 с.
5. Наставление по изысканию и проектированию железнодорожных и автодорожных мостовых переходов через водотоки [НИМП-72]. — М.: Транспорт, 1972. — 280 с.
6. Чоу В. Т. Гидравлика открытых каналов. Перев. с англ. под ред. А. И. Богомолва —, Гостройиздат, 1969 г. с 464.
7. Базаров Д. Р., Каримов Р. М. и др. Гидравлика, Т. Из-во Билим, 2003, 351 с.
8. Штеренлихт Д. В. Гидравлика. Энергоатомиздат, Москва 1984 г, с.640.

Хань Лян (Китай), И.А. Фотин (Россия), Ю.А. Мировой (Россия)
Институт физики прочности и материаловедения СО РАН, г. Томск
Научный руководитель: С.П. Буякова, д.т.н., профессор

ВНЕДРЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛИФАЗНЫХ КЕРАМИЧЕСКИХ КОМПОЗИТОВ ZrB₂-ZrC-SiC-BN-CNT

Аннотация. В данной работе представлены результаты исследований полифазных керамических материалов, обоснован выбор их состава. Было обнаружено, что добавление углеродных нанотрубок MWCNT в состав полифазной керамики обеспечивает увеличение твердости.

Annotation. This paper presents the results of studies of polyphase ceramic materials, justifies the choice of their composition. An X-ray phase study of the obtained composites has been carried out. It has been found that the addition of MWCNT carbon nanotubes to polyphase ceramics provides an increase in hardness.

Современное развитие пассажиро- и грузоперевозок направлено, в первую очередь, на увеличение скорости движения и тяговооруженности транспортных средств. Одним из большого числа факторов, определяющих скоростные режимы перемещения железнодорожного и авиационного транспорта, является стабильность эксплуатационных характеристик пар трибосопряжения. В связи с этим, актуальной является задача разработки материалов в структурно-фазовом состоянии, обеспечивающем сохранение требуемого в высоконагруженных условиях эксплуатации комплекса трибологических характеристик [1]. Доказано, что эффективное увеличение вязкости разрушения хрупких материалов может быть обеспечено посредством фазового превращения, введением в керамическую матрицу волокон, нанотрубок, низко модульных включений. Однако, несмотря на прогресс в управлении ударной вязкостью керамик, достигаемые значения коэффициента интенсивности напряжений (K_{Ic}) недостаточны для их применений в большинстве ответственных узлов машин и механизмов [2-3].

Цель исследований в рамках данной работы - получение полифазных композиционных материалов на основе ZrB₂-SiC в структурно-фазовом состоянии, обеспечивающем синергизм диссипативных механизмов на разных уровнях структурной иерархии.

Материалы и методики исследований:

Составы порошковых смесей представлены в таблице 1.

Таблица 1

Состав порошковых смесей

№	Обозначение керамики	Состав порошковых смесей
1	ZZSB5	[85%(ZrC(50%) - ZrB2 (50%)) - SiC (15%)] - BN (5%)
2	ZZSC1	[85%(ZrC(50%) - ZrB2 (50%)) - SiC (15%)] - MWCNT (1%)
3	ZZSB5C1	[85 % (ZrC(50%) - ZrB2 (50%)) - SiC (15%)] - BN (5%) - MWCNT (1%)

Образцы керамических композитов ZrB₂-ZrC-SiC-BN-MWCNT были получены горячим прессованием порошковых смесей. Данные о морфологии порошковых смесей и структуре композитов были получены при помощи сканирующего электронного микроскопа TESCAN Vega. Анализ фазового состава исходных порошков и композитов был проведен по дифрактограммам. Твердость композитов определена при индентировании пирамиды Берковича.

Результаты и обсуждение:

Измеренные плотность и твердость всех полученных композитов представлены в таблице 2. РЭМ-изображения образцов показаны на рисунке 1. На рисунке 2 приведены рентгеновские дифрактограммы полученных полифазных керамик. Анализ снимков полированных поверхностей композитов показал, что, полученные образцы имеют однородные структуры. По результатам рентгенофазового исследования керамических композитов ZZSB5, ZZSC1 и ZZSB5C1 не наблюдаются фазовые превращения.

Таблица 2

Свойства образцов

Состав	Твердость, ГПа	порн
ZZSB5	18.72±0.1	0.97
ZZSBC1	21.52±0.1	0.96
ZZSB5C1	28.92±0.2	0.96

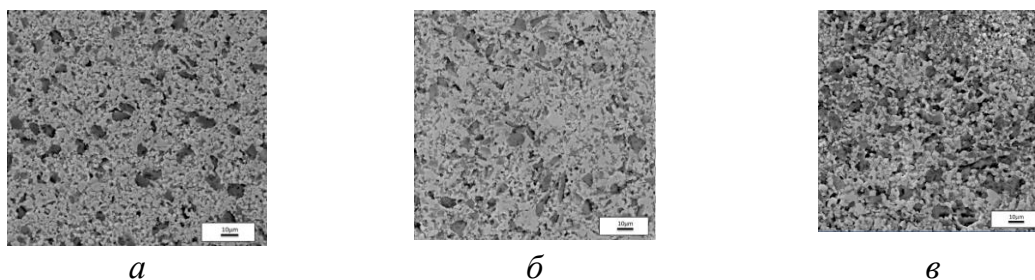


Рисунок 1. РЭМ изображения образцов: а - ZZSB5; б - ZZSC1; в - ZZSB5C1

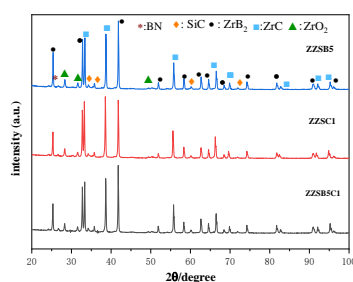


Рисунок 2. Рентгеновская дифрактограмма образцов

Заключение.

Установлено, что композиты ZZSB5C1 с содержанием 5% h-BN и 1% MWCNT имеют наибольшую твердость 28.92 ± 0.2 ГПа, по сравнению с композитами состава ZZSB5 и ZZSC1. Будущие исследования будут направлены на исследование механические свойства композитов.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, номер проекта FWRW-2021-0009.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Zhang, X., Li, W., Hong, C., Han, W., Microstructure and mechanical properties of ZrB₂-based composites reinforced and toughened by zirconia, *Int. J. Appl. Ceram. Tech.*, 2008, vol. 5, no. 5, pp. 499–504.
2. Khomeini, M., Nemati, A., Zakeri, M., & Asl, M. S.. Pressureless sintering of ZrB₂ ceramics codoped with TiC and graphite. *International Journal of Refractory Metals and Hard Materials*. 2019.
3. А. С. Буюков, Ю. А. Мировой, С. П. Буюкова Влияние низкомолекулярных включений bn на свойства у-tzр керамики //Порошковая металлургия: инженерия поверхности, новые порошковые композиционные материалы. сварка. Инновации: материалы междунар. симпозиума, – Минск, 2019. – С. 2. – С.444-445.

Хаттаби Мохамед Асаад Ибрахим (Египет)

Томский государственный архитектурно-строительный
университет, г. Томск

Научный руководитель: Черкасова Татьяна Викторовна, к.ф.-м.н.
Научный руководитель: Тришкина Людмила Ильинична, д.ф.-м.н

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РАССТОЯНИЙ МЕЖДУ ДИСЛОКАЦИЯМИ В ПОЛИКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ РАСТВОРАХ СИСТЕМЫ CU-AL

Физика – это наука, которая является основательницей многих, теперь уже самостоятельных областей знаний. Внутри физики тоже существуют множество направлений, одним из которых является физика твердого тела. Эта наука изучает тонкую структуру материалов и его дефектов, определяет количественные характеристики этих параметров. Распределение дислокаций в материале, так же как и плотность дислокаций являются важными параметрами, которые характеризуют формирующиеся типы дислокационных субструктур при разных степенях деформации материала [1]. Однородность распределения дислокаций по объему материала, концентрация легирующего элемента в ГЦК твердых растворах оказывает существенное влияние на прочность сплавов. В связи с этим представляется интересным ознакомиться с методиками определения количественных описания дефектов (в частности, дислокаций) и провести изучение распределения дислокаций по материалу в деформированных ГЦК сплавах с разной концентрацией легирующего элемента. Исследования показали, что дислокационная субструктура в Cu-Al сплавах при низких степенях деформации относится к хаотическому типу распределения, которое характеризуется упругой энергией дислокаций и междислокационными взаимодействиями. Это позволяет применить статистические методы к исследованию развития субструктуры с деформацией.

Целью настоящего исследования является познакомиться с методами определения расстояния между дислокациями и их статистическое описание в сплавах с разной концентрацией легирующего элемента. Важным при этом является установление влияния степени деформации на распределение дислокаций в различных типах дислокационных субструктур (ДСС): дислокационном хаосе и неразориентированной ячеистой.

Материалы и методика эксперимента. Концентрация легирующего элемента Al в сплавах Cu-Al варьировалась в пределах 0.5...14 ат.% с размером зерна $\langle d \rangle = 100$ мкм. Плоские образцы с размером рабочей

части $100 \times 12 \times 2$ мм³ деформировались растяжением на машине "Instron" при температуре 293. Структура деформированных сплавов изучалась на электронном микроскопе "Tesla-BS-540", снабженном гониометром, при ускоряющем напряжении 125 кВ. Были проведены измерения ряда параметров ДСС: расстояний между дислокациями в дислокационном хаосе, в сетчатой ДСС, в неориентированной ячеистой субструктуре. Измерения расстояний между дислокациями во всех типах ДСС проводились методом секущей [2, 3].

Среднюю скалярную плотность дислокаций можно оценить, проведя измерения расстояний между дислокациями. Рассмотрим пример определения плотности дислокаций по микрофотографии с изображением дислокационных субструктур на рис. 1. В произвольных направлениях проводятся ряд прямых линий и измеряются расстояния между пересечениями дислокаций вдоль этих линий. На рисунках стрелками указаны расстояния между соседними дислокациями. Эти измерения проводятся во всех направлениях несколько раз, а затем строятся распределения расстояний между дислокациями (X). Используя средние значения

расстояний между дислокациями (рис. 1), по формуле $\rho = \frac{1}{\bar{X} \cdot t}$ определим среднюю скалярную плотность дислокаций:

$$\rho = \frac{1}{\bar{X} \cdot t} = \frac{1}{0,25 \cdot 10^{-6} \cdot 1600 \cdot 10^{-8}} = 0,25 \cdot 10^{12} \text{ м}^{-2}$$

для данной микрофотографии.

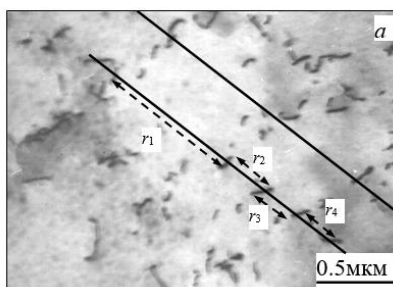
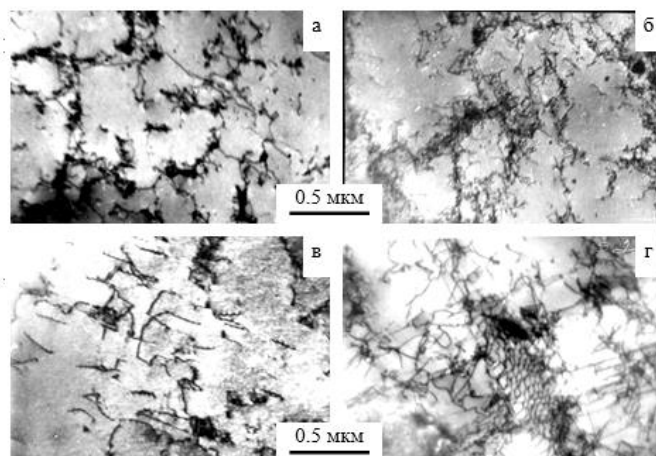


Рисунок 1. Хаотическое распределение дислокаций наблюдаемых в медно-алюминиевых сплавах при степени деформации $\epsilon_{ист} = 0.05..0.10$

На основании полученных экспериментальных данных, были построены распределения расстояний между дислокаций при разных $\epsilon_{ист}$ в каждом типе ДСС.

Результаты исследования и их обсуждение. Электронно-микроскопические изображения основных типов ДСС, формирующихся в сплавах с концентрацией легирующего элемента от 0.5 до 14 ат.% Al при разных степенях деформации ($\epsilon_{ист}$), представлены на рис. 2. Разориентированные и двойниковые субструктуры, которые формируются

при повышенных степенях деформации в сплавах с концентрацией более 10 ат.% Al здесь не рассматриваются. При небольших степенях деформации $\epsilon_{ист} = 0.05$ в сплавах Cu–0.5ат.% Al, Cu–1ат.% Al и Cu–5ат.% Al наблюдаются клубки и хаотическое распределение дислокаций (рис. 1а). Незначительное увеличение степени деформации $\epsilon_{ист} = 0.10$ приводит к образованию неразориентированной ячеистой субструктуры (рис. 1б), а дальнейший рост $\epsilon_{ист}$ – к разориентированной ячеистой ДСС. Рассмотрим влияние степени деформации в сплавах с небольшим содержанием легирующего элемента Al на изменение расстояний между дислокациями в ячеистых субструктурах.



*Рисунок 2 Электронно-микроскопические изображения дислокационных ДСС в различных субструктурах от степени деформации $\epsilon_{ист}$ в сплавах в интервале концентраций 0.5 – 5ат.% Al (а, б) и 10 – 14ат.% Al (в, г): а – клубки и дислокационный хаос, б – неразориентированная ячеистая ДСС, в – хаос и дислокационные скопления, г – сетчатая ДСС, $T_{деф} = 293K$.
Размер зерна $\langle d \rangle = 100$ мкм*

Зависимости расстояний между дислокациями от степени деформации в различных типах ДСС в сплаве Cu–5ат.% Al представлены на рис. 3. В некоторых областях материала, где формируется клубковая ДСС и отдельные дислокации (хаос) наблюдается неоднородность в их распределении: минимальные расстояния между дислокациями при этом могут быть равны 0.20, а максимальные – 0.40 мкм.

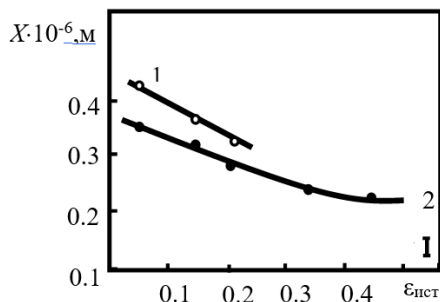


Рисунок 3. Зависимости расстояний X между дислокациями в различных субструктурах от степени деформации $\epsilon_{ист}$ в сплаве $\text{Cu}-5\text{ат.}\% \text{Al}$:
 1 – в дислокационном хаосе, 2 – в незориентированной ячеистой ДСС,
 Размер зерна $\langle d \rangle = 100 \text{ мкм}$

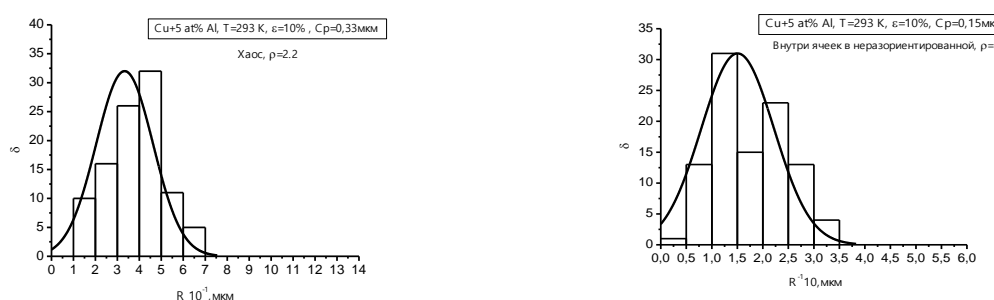


Рисунок 4. Распределения расстояний между дислокациями в сплаве $\text{Cu}-5\text{ат.}\% \text{Al}$ в различных субструктурах при $\epsilon_{ист} = 0.10$ и $T = 293 \text{ K}$:
 а) в хаосе, б) внутри незориентированных ячеек,
 в) в стенках незориентированных ячеек. Размер зерна $\langle d \rangle = 100 \text{ мкм}$

При дальнейшем росте степени деформации структура становится более однородной: интервал значений расстояний между дислокациями в незориентированной ячеистой ДСС во всех исследованных сплавах находится от 0.24 до 0.40 мкм. Из рисунка видно, что с увеличением степени деформации расстояния между дислокациями уменьшаются в этих субструктурах, а, соответственно, плотность дислокаций при этом увеличивается.

Результаты проведенных выше измерений для сплава $\text{Cu}-5\text{ат.}\% \text{Al}$ представлены в виде эмпирических распределений расстояний между дислокациями в разных типах ДСС при определенных степенях деформации на рис. 4. Эмпирические распределения расстояний при всех степенях деформации аппроксимируются логарифмически нормальным распределением с уровнем значимости, равным 0.91. Дислокационные структуры в сплавах исследуемые в настоящей работе находятся в про-

межуточном положении между детерминированной и хаотической системами.

Заключение

Было установлено, что в исследованных сплавах Cu–Al с разной концентрацией легирующего элемента расстояния между дислокациями уменьшаются с ростом степени деформации, концентрации легирующего элемента. Во всех исследованных сплавах в основном при небольших степенях деформации наблюдается неоднородность в структуре, т.е. встречаются места, где интервал значения X изменяется в четыре раза.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. N.A. Koneva, V.A. Starenchenko, D.V. Lychagin, L.I. Trishkina, N.A. Popova, E.V. Kozlov, Mat. Sci. and Eng. A., pp. 179-183 (2008).
2. С.А. Салтыков, Стереометрическая металлография (Металлургия, Москва, 1970), стр. 376.
3. Конева Н.А., Черкасова Т.В., Тришкина Л.И., Попова Н.А., Громов В.Е., Аксенова К.В. Дислокационная структура и дислокационные субструктуры. Электронно-микроскопические методы измерения их параметров Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк: Изд. центр СибГИУ, 2019. – 136 с.

Хербез Веленка (Черногория)

Московский государственный строительный университет, г.Москва

Научный руководитель: Балакина Алевтина Евгеньевна,
кандидат архитектуры, доцент

МАЛЫЕ АРХИТЕКТУРНЫЕ ОБЪЕКТЫ КАК НОВЫЙ ТИП РАЗМЕЩЕНИЯ В ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ КЛАСТЕРАХ НА СКАДАРСКОМ ОЗЕРЕ, В ЧЕРНОГОРИИ

Аннотация

Скадарское озеро, один из пяти заповедников в Черногории выделяется уникальным сочетанием средиземноморского климата, чистой природы, разнообразной флоры и фауны, и культурно-исторических памятников. Достопримечательностями территории Скадарского озера являются монастыри, крепости и места археологических раскопок, которые располагаются на небольших островах. Выгодное географическое положение, благоприятный климат и богатое культурно-историческое

наследие создают превосходные условия для развития туристско-рекреационных кластеров на территории Скадарского озера.

Основные проблемы, которые встречаются на территории Скадарского озера это: отсутствие экологического регулирования, деградация природного ландшафта, сокращение традиционной деятельности, сложная экономическая ситуация и недостаточно развитая туристская инфраструктура.

Следовательно, нужна новая система управления территорией заповедника, основанная на экотуризме, которая объединит в устойчивую систему природные и человеческие ресурсы и окажет положительное влияние как на экономику страны, так и на общество.

Для будущего развития территории Скадарского озера предлагается гибкая и устойчивая система туристско-рекреационных кластеров. Для туристического ядра будущих кластеров предлагаются малые архитектурные объекты, такие как легкие домики, жилье в форме сфер, капсул, дома на деревьях, комфортные шатры и тд.

Ключевые слова: устойчивость, кластер, заповедник, малые архитектурные объекты, экотуризм

Введение

Деградация природного ландшафта, которая произошла в результате массового туризма, привела к изменению принципов развития туризма. В целях улучшения качества жизни, экономики страны и сохранения природных ресурсов в 21 веке широкую сферу применения получило устойчивое развитие. Сохранение природных ресурсов и применение принципов устойчивого развития в рамках экотуризма стало приоритетом в туристической индустрии.

В связи с этим, в мире широкое распространение получила разработка новых объемно-планировочных решений, предназначенных для размещения туристов в условиях особо ценных природных заповедников. Поэтому, для будущего развития территории Скадарского озера предлагаются мобильные и устойчивые малые архитектурные объекты.

Актуальность темы обосновывается необходимостью разработки новых, устойчивых объемно-планировочных решений в целях раскрытия природных и человеческих потенциалов, а также развития экологического туризма на территории Скадарского озера.

Результаты

Скадарское озеро обладает огромным и нераскрытым туристско-рекреационным потенциалом, а также, природными и культурно-историческими ресурсами (рис.1). На территории Скадарского озера местное население традиционно занимается производством вина и оливкового масла, а также пчеловодством, скотоводством и рыбалкой

что является хорошей основой для развития тематических туристско-рекреационных кластеров (рис.2).



Рисунок 1. Исторически важные места



Рисунок 2. Местоположения будущих кластеров

В настоящее время, на территории Скадарского озера предлагается несколько типов размещения для туристов: гостиницы, апартаменты и бунгало. Самым распространенным типом размещения является аренда комнат в частных домах.

Так как из года в год растет число туристов, желающих погрузиться в дикую природу Скадарского озера, необходимы новые архитектурно-планировочные решения для их размещения. В 2019 г. замечен значительный рост числа туристов, в два раза больше чем в 2018 г.

Качество существующего предложения по размещению туристов не удовлетворяет потребностям туристов. Туристская инфраструктура недостаточно развита и не соответствует спросу туристов, желающих погрузиться в природу и получить новые впечатления.

Результаты исследования подтвердили, что на территории Скадарского озера нужны новые объемно-планировочные решения которые

будут соответствовать как потребностям туристов, так и принципам устойчивого развития территории и которые будут являться туристическим ядром будущих кластеров. Анализ показал, что малые архитектурные формы являются хорошим примером заботы об окружающей среде.

Для будущего развития Скадарского озера предлагается гибкая система тематических туристско-рекреационных кластеров, которая объединит местное население, туристов, природу и культурно-историческое наследие в динамично развивающуюся систему. Следовательно, для новых объемно-планировочных решений туристского размещения, предлагаются малые архитектурные объекты, которые отличаются мобильностью, а также использованием легких конструкций и экологических материалов. Главные преимущества малых архитектурных объектов состоятся в создании уникальной атмосферы и максимального комфорта с минимальными затратами. Малые архитектурные объекты кроме мобильности, также характеризуются быстрым возведением и запуском. В туристско-рекреационных кластерах на территории Скадарского озера возможно возведение малых архитектурных объектов таких как (рис.3): кочевые юрты, шатры, футуристические сферы и тд.



Рисунок 3. Примеры малых архитектурных объектов

Также, малые архитектурные объекты можно установить в местах недоступных для капитального строительства. Их применение раскроет новые пути развития туризма, экономики, экологии и общества страны, а также будет способствовать решению проблем размещения туристов на территории Скадарского озера.

Заключение

Дальнейшее развитие ценной территории Скадарского озера зависит от модели, которая будет применена для создания связи между человеком и природой. Для обеих сторон подходящим решением является развитие экотуризма в рамках туристско-рекреационных кластеров. Таким образом возможно будет сохранить окружающую среду, восстановить историческое наследие и улучшить экономику страны развивая туристическую деятельность.

Следует отметить, что Скадарское озеро нужно рассматривать как единую систему, требующей особого подхода в решении архитектурно-строительных задач. Также ожидается что, крупнейшее на Балканах Скадарское озеро, станет лидером в развитии туристско-рекреационных кластеров в регионе используя малые архитектурные объекты в качестве туристического ядра.

Разработка новых объемно-планировочных решений для туристско-рекреационных кластеров на территории Скадарского озера, поможет раскрыть его многочисленные потенциалы, а также подчеркнет сохранившиеся объекты народной и традиционной архитектуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Миркин Б.М. Туризм и охрана природы: компромисс возможен // Экология и жизнь. - 2009. - №2. - С.29-32.
2. Балакина А.Е., Дуничкин И.В., Кочанов О.А., Золотарев А.А. Экологически ориентированные курортнооздоровительные и образовательно-рекреационные комплексы // Журнал «Промышленное и гражданское строительство». - 2011. - №9 - С.30-32.
3. Альмухамедова О. А. Роль экотуризма в устойчивом развитии рекреации // Известия ЮФУ. Технические науки. - 2013. - №6 - С.8-16.
4. Минаева Валентина Петровна Экологическая ответственность - залог обеспечения устойчивого развития туризма // Региональное развитие. 2017. №3.
5. Богатырева Дарья Степановна Феномен экологического туризма как мейнстрим современности // Сервис в России и за рубежом. - 2015. - №4 (60). С. 16-26.
6. Бабич П., Вуксанович К. Пространственный план специального назначения, национальный парк Скадарское озеро. Книга 2 // Институт урбанизма и проектирования по заказу Министерства устойчивого развития и туризма Черногории. - 2018. - С.281.
7. Вуксанович Д., Попович С. Архитектурный атлас Черногории // Республика Черногория, Министерство экономического развития, по заказу Технического сотрудничества Германии. - 2006. - С.36.
8. Kurleto M. Sustainable Management of Lakes taking into consideration the Tourism and Nature Conservation in Australian and New Zeland // Polish Journal of Natural Science. - 2013. - Vol 28(1). - P.91-106.
9. Rucivero, M. Camping and Open-Air Tourism: An Opportunity for Sustainable Tourism in Coastal Areas. Conference of the International

Forum on Urbanism. "6th Conference of the International Forum on Urbanism (IFoU): TOURBANISM. - 2012. - P.1-9.

10. Cvelic-Bonifacic J., Milohnic I., Cerovic Z. Glamping - Creative accommodation in camping resorts: insights and opportunities // Conference: Tourism in Southern and Eastern Europe 2017: Tourism and Creative Industries: Trends and Challenges. - 2017. - P.101-114.

Хэ Лин (Китай), Ян Анькан (Китай), Чжоу Вэньсуань (Китай),
Козлов Виктор Николаевич

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич,
к.т.н., доцент

РАСЧЁТ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН ПРИ ОБРАБОТКЕ СТАЛЕЙ

Режущие инструменты чаще всего оснащаются сменными многогранными пластинами (СМП) (рис. 1) для их быстрой замены после износа. Использование большого количества режущих кромок увеличивает объём металла, удаляемого одной режущей пластиной и уменьшает себестоимость обработки.



Рисунок 1. Формы СМП (а) и негативно-позитивная СМП (б)

Для определения ресурса работы СМП необходимо проводить испытание стойкости. По стойкостным экспериментам определяется предельно допустимый износ, при котором ещё сохраняется требуемое качество обработки: шероховатость обработанной поверхности, выдерживание требуемой точности размера, отклонения от круглости, цилиндричности и пр. [1].

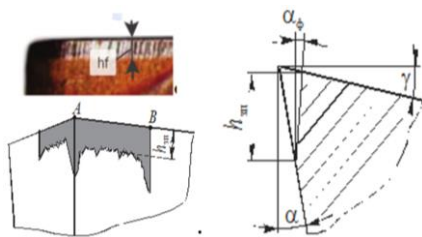


Рисунок 2. Износ по задней поверхности

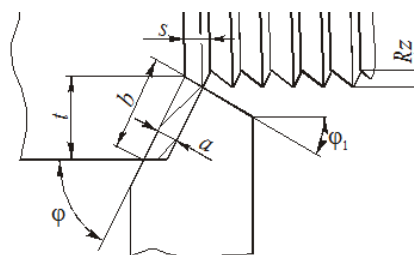


Рисунок 3. Основные параметры при токарной обработке

Как правило, в качестве объективно измеряемого критерия (показателя) предельно допустимого износа выступает длина фаски износа по задней поверхности h_3 пр (рис. 2) [1, 2, 3, 4]. Увеличение $h_3 > 0,7$ мм может привести к сколу и потере СМП, т.к. образующиеся при этом микротрещины резко уменьшают стойкость на других ещё неиспользованных вершинах и увеличивают вероятность хрупкого разрушения.

При черновой обработке прочность СМП более важна по сравнению с получистовой обработкой из-за большой подачи s (мм/об) и глубины резания t (мм) (рис. 3).

СМП используются также во фрезах и свёрлах с механическим креплением режущих пластин. При фрезеровании толщина среза a непрерывно изменяется при постоянной подаче на зуб s_z (мм/зуб), поэтому при проведении расчётов на прочность необходимо использовать влияние не подачи s , а толщины среза a для возможности использовать результаты расчётов НДС не только при токарной обработке, но и при фрезеровании. К тому же при токарной обработке изменении угла φ приводит к необходимости пересчитывать толщину среза, от которой зависит не только сила резания, но и длина контакта стружки с передней поверхностью s . При токарной обработке $a = s \cdot \sin\varphi$, где φ – главный угол в плане (рис. 3).

Задача расчёта на прочность режущих пластин может быть решена за несколько этапов:

1. Определение рациональной или широко используемой геометрии СМП и рекомендованных рациональных режимов резания. При этом упор должен делаться на черновую обработку для квадратных пластин и получистовую для треугольных.

2. Определение технологических составляющих силы резания R_z , R_y и R_x силы резания (рис. 4) при этой геометрии и режимах резания. При этом необходимо рассматривать силы как при обработке неизношенным, или «острым», инструментом, так и при обработке с предельно допустимым износом по установленным правилам: при черновой обра-

ботке длина фаски износа по задней поверхности h_3 не более 0,75 мм, а при получистой $h_3 \leq 0,25$ мм [2]. Рассмотрение НДС острого инструмента необходимо для сравнения с НДС изношенного. Конечно, желательно получить силы при работе с таким большим износом, при наступлении которого почти всегда происходит выкрашивание режущей кромки или скол. В этом случае анализ НДС СМП позволит выявить опасные зоны и проверить работу используемого программного обеспечения – если при прилагаемых нагрузках у инструмента не появляется зон с запредельными напряжениями, значит использовать такую программу нельзя или требуется тщательная проверка вводимых данных.

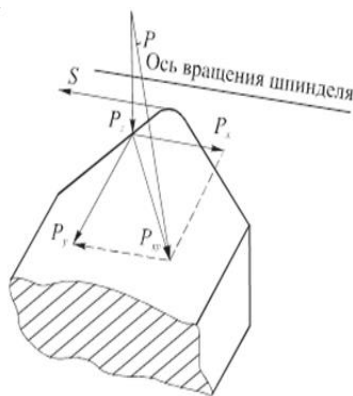


Рисунок 4. Технологические составляющие силы резания

3. Выделение сил на передней поверхности инструмента и на фаске износа.

4. Определение длины контакта стружки с передней поверхностью СМП с при работе острым и изношенным инструментом. Как правило, изменения длины контакта не происходит или это изменение незначительно [2].

5. Расчёт физических составляющих силы резания на передней поверхности (нормальной N и касательной F сил) [2] и на фаске износа (нормальной N_h и касательной F_h сил) [3].

6. Создание 3D моделей СМП: острых, предельно изношенных и запредельно изношенных (рис. 5). При этом желательно иметь модель с износом равным половине предельного износа для последующего построения графиков изменения НДС в процессе износа. Задний угол на фаске износа по задней поверхности αh обычно 0° (см. рис. 2) [1, 2, 3].

4. Задание физико-механических свойств инструментального материала и температуры на рабочих поверхностях. Последнее позволит более точно рассчитать температурное поле в теле СМП и уточнить свойства инструментального материала, поскольку они существенно могут

измениться при высоких температурах 800-1200 °С при резании [1, 2, 3] по сравнению с обычно представленными в ходе испытания при комнатной температуре.

6. Задание внешней нагрузки на модели СМП в виде эпюр контактных напряжений на передней поверхности и на фаске износа.

7. Расчёт НДС и анализ результатов (рис. 5).

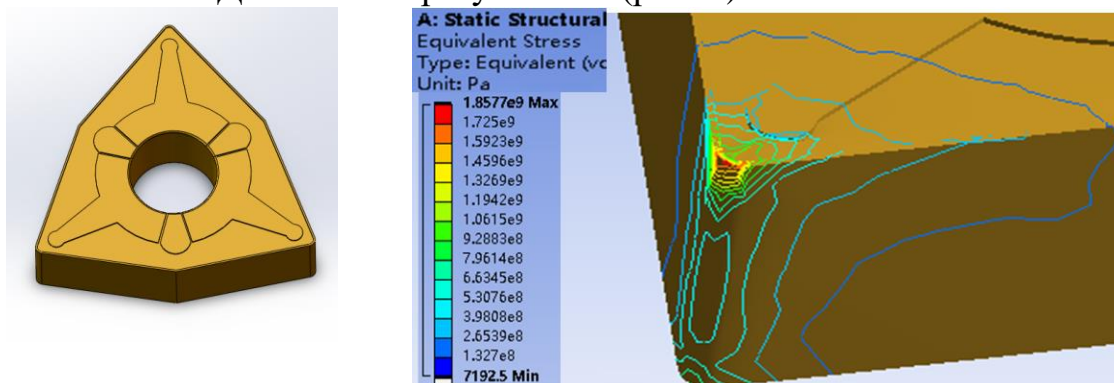


Рисунок 5. 3D модель треугольной СМП и распределение в ней эквивалентных напряжений 109 (Pa). 40X – T15K6, $v = 180$ м/мин; $s = 0,13$ мм/об; $t = 1$ мм; $h_z = 0$ мм; $\sigma_e \max = 1\,857$ МПа; $\sigma_e \text{осн} \approx 1\,000$ МПа; $\sigma_e \min \approx 133$ МПа;

8. Изменение геометрии СМП на более рациональную и повторение всех предыдущих пунктов.

9. После определения наиболее рациональной геометрии СМП (имеющей наименьшие напряжения в режущем клине) назначение более производительных режимов резания, прежде всего подачи s и, как возможный вариант, глубины резания t . Увеличение скорости резания v приводит к уменьшению стойкости, но, с другой стороны, к уменьшению сил резания.

10. Заточка СМП с рациональной геометрией (поскольку пресовать СМП с рекомендуемой геометрией невозможно в условиях единичного производства) и проверка сначала на предельных, а затем на запредельных, режимах резания.

Таким образом, задача определения наиболее рациональных геометрических параметров СМП очень сложная, длительная и дорогая, поэтому было решено ограничиться анализом НДС СМП при разной величине износа по задней поверхности.

При расчёте НДС необходимо проверить правильность полученных результатов. Для этой цели выполняется 3D режущего клина в виде отрезного резца, которым обрабатывается диск, ширина которого на 0,1 мм меньше ширины резца, с радиальной подачей, т.е. осуществляет-

ся прямоугольное свободное резание. Достоинство этой простой схемы в том, что НДС такого резца (режущего клина) является плоским, т.е. в любом сечении, перпендикулярном главной режущей кромки, одинаковое распределение контактных напряжений и напряжений в этом клине.

Таким образом, выполняется сравнение с НДС сложной по форме СМП, т.е. для неё и более сложное нагружение, и более сложное (объёмное) распределение напряжений.

При оценке НДС сначала по картине распределения нормальных напряжений σ_x , σ_y , σ_z , (МПа) по знаку (+ или -) определяются области сжимающих и растягивающих напряжений, а по картине распределения эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ (σ_e) оценивается прочность режущего инструмента. Наибольшая величина эквивалентных напряжений $\sigma_{экв\ max}$ (МПа) сравнивается с предельно допустимой по этому виду нагружения.

При обработке диска из титанового сплава ВТ3-1 с подачей $s_{рад} = 0,43$ мм/об эквивалентные напряжения существенно больше (рис. 6 а). Часто трудно увидеть линии равных напряжений и величину их напряжений, поэтому приходится «вручную» выделять эти линии и ставить величину напряжений на выносных линиях (рис. 6). Отрицательный знак нормальных напряжений говорит о напряжениях сжатия (рис. 6 б).

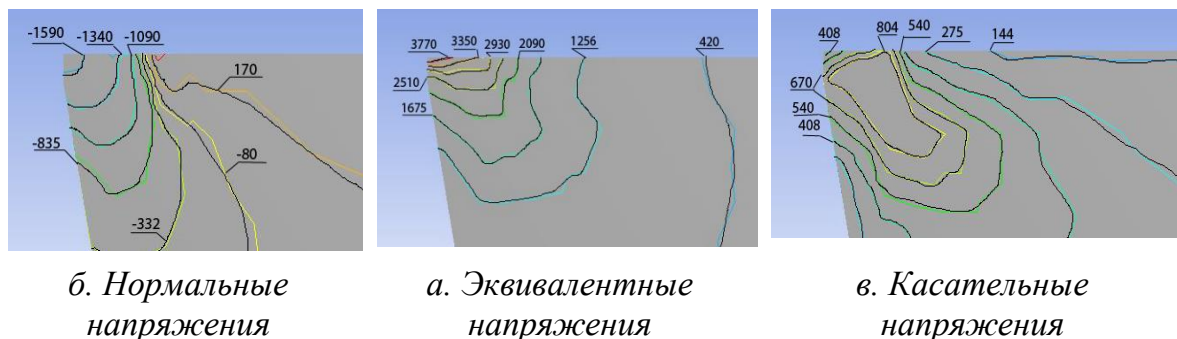
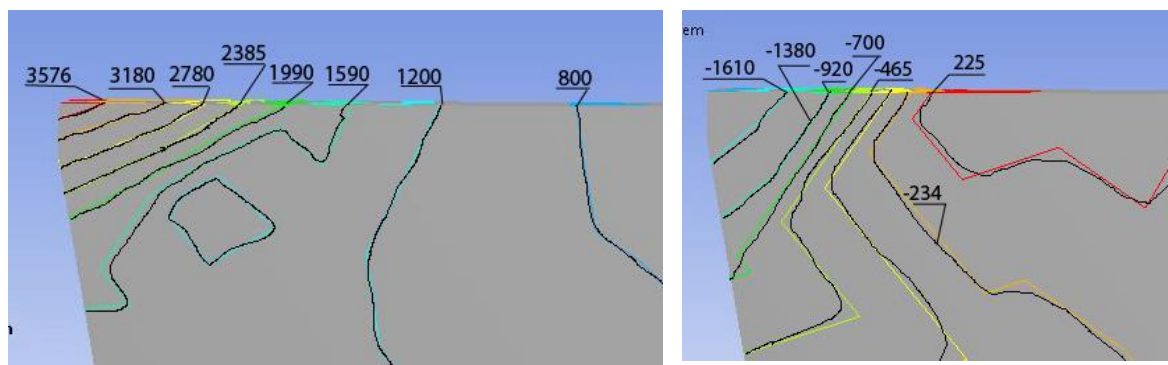


Рисунок 6. Напряжения в режущем клине во втором резце при обработке диска из титанового сплава с радиальной подачей (схема прямоугольного свободного резания). ВТ3-1 - ВК8, $v = 60$ м/мин, радиальная подача $s = 0,43$ мм/об.

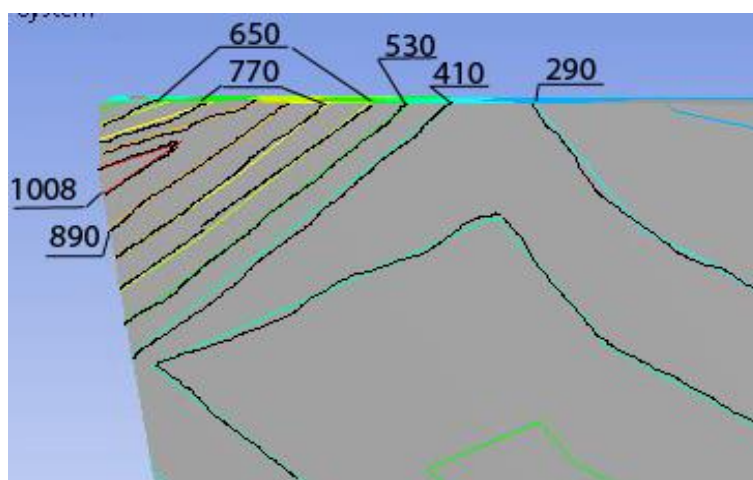
Геометрия второго резца: ширина – 4 мм, толщина – 4 мм

При уменьшении толщины режущей пластины эквивалентные напряжения увеличиваются (рис. 7 а).



а. Эквивалентные напряжения

б. Нормальные напряжения



в. Касательные напряжения

Рисунок 7. Напряжения в режущем клине при обработке диска из титанового сплава с радиальной подачей (схема прямоугольного свободного резания). ВТЗ-1-ВК8, $v = 60$ м/мин, радиальная подача $s = 0,43$ мм/об. Геометрия первого реза: ширина - 4 мм, толщина - 2 мм. ВТЗ-1 – ВК8. $v=60$ м/мин, радиальная подача $s = 0,43$ мм/об

При расчёте НДС наиболее важным внешним параметром являются величины составляющих силы резания. Эти составляющие можно рассчитать по известной эмпирической формуле $P_z = C_{Pz} \cdot t^{x_{Pz}} \cdot s^{y_{Pz}} \cdot v^{n_{Pz}} \cdot K_P$, где коэффициенты и показатели степеней определяются в справочнике, например [4]. Наши исследования и их представление на графиках в двойных логарифмических координатах показали, что требуется некоторое уточнение коэффициентов и показателей степеней, результаты представлены в табл. 1.

Таблица 1

Погрешность расчёта силы P_z

№	t, мм	s, мм/об	Расчёт по эксп. показателям			Расчёт по показателям справочника [4]			Эксп. величина P_z по графику /действ
			Коэф.	P_z , Н	ΔP_z , %	Коэф	P_z , Н	ΔP_z , %	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2	0,52	CPz =2	1955	-2%	CPz =3	2175	+8%	1800 /2000)
2	2	0,07	81	297	-1%	00	483	+61%	300 /300)
3	4	0,13	xPz=1,	1155	-11,1%	xPz=1	1538	+18%	1150 /1300)
4	0,5	0,13	12	112	-25%	yPz=0,	192	+28%	150 /150)
5	4	0,52	yPz=0, 94 nPz=- 0,15 Kp=1,2 5	4250		75 nPz=- 0,15 Kp=1,2 5	4350		

Примечание: 1) Полученные нами величины показателей степеней и коэффициент дают более правильный результат; 2) Наибольшая погрешность проявляется при малой подаче и глубины резания; 3) При большой подаче и глубине резания относительная погрешность расчётов P_z по данным справочника составляет +2% по сравнению с расчётами по данным, определёнными в наших исследованиях, и примерно равна экспериментальным данным.

Аналогичные исследования были выполнены для сил P_y и P_x .

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников Д. В., Гречишников В. Л., Кирсанов С. В., Кокарев В. И., Схиртладзе А. Г. Режущий инструмент: Учебник для вузов / Под редакцией С. В. Кирсанова. - 2-е изд. доп. М.: Машиностроение, 2005. - 528 с: ил.
2. Чэнь Юэчжоу. Расчёт эпюр контактных напряжений при обработке стали / Чэнь Юэчжоу, Чжан Цзяюй, В. Н. Козлов; науч. рук. В. Н. Козлов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 22-24 апреля 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . — Томск : Изд-во ТПУ , 2020 . — [С. 243-250] .
3. Kozlov V. N., Zhang J., Zhang J., Guo Y., Sabavath S. K. Research of Contact Stresses Distribution on Plunge-Cutting into a Steel Workpiece [Electronic resource] / V. N. Kozlov [et al.] // Key Engineering

- Materials : Scientific Journal. — 2018. — Vol. 769 : High Technology: Research and Applications (HTRA 2017). — [284-289].
4. Справочник технолога-машиностроителя. В 2-х т. Т.2/Под ред. А.М. Дальского, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова, А.Г. Сулова – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение-1, 2001 г., 912 с., ил.

Ци Мэнсюй (Китай), Чжао Цзялунь (Китай), Ю Цзяньюй (Китай),
Козлов Виктор Николаевич

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич,
к.т.н., доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН

В настоящее время большинство режущих инструментов оснащаются сменными многогранными пластинами (СМП) из-за их быстрой замены после предельно допустимого износа. Использование от двух до шести режущих кромок позволяет увеличить срок службы режущей пластины, а значит и уменьшить себестоимость обработки.

Практически все СМП покрываются износостойкими покрытиями, применение которых хоть и увеличивает стоимость пластин, но благодаря увеличению стойкости от трёх до восьми раз также способствует снижению себестоимости обработки.

Надёжность работы СМП определяется её гарантированной стойкостью при рациональных режимах резания. Стойкость зависит и от интенсивности износа, и от хрупкого разрушения. Для оценки вероятности выкрашивания режущей кромки (удаления небольших объёмов режущего материала на режущей кромке) или скола (удаления больших объёмов режущего материала), определения рациональной геометрии и режима резания необходим расчёт напряжённо-деформированного состояния (НДС) СМП или её режущего клина.



Рисунок 1. Токарный резец с квадратной СМП

Видов СМП очень много, но чаще всего используются квадратные пластины и треугольные. Квадратные пластины позволяют использовать оптимальный главный угол в плане $\phi = 45^\circ$, необходимый и для поперечной обточки торца, и для черновой обработки цилиндрических поверхностей в продольном направлении, и для обточки фасок с наиболее часто встречаемым углом 45° .

Использование прямоугольных пластин позволяет увеличить глубину резания t за счёт увеличения длины режущей кромки, но уменьшает количество используемых режущих кромок до двух.

Квадратная форма СМП и угол $\phi = 45^\circ$ не позволяют обтачивать уступы, перпендикулярные цилиндрическим поверхностям. У деталей это до 70% поверхностей, и для их обточки используются треугольные СМП, которые могут иметь форму обычного треугольника или «шестигранника», хотя всё равно имеют три вершины и три режущие кромки (рис. 2). Главный угол в плане чаще всего указывается как $\phi = 95^\circ$, но может быть установлен и равным 90° за счёт небольшого поворота державки резца на гол 5° перед закреплением в резцедержателе и предварительной настройке этого положения.

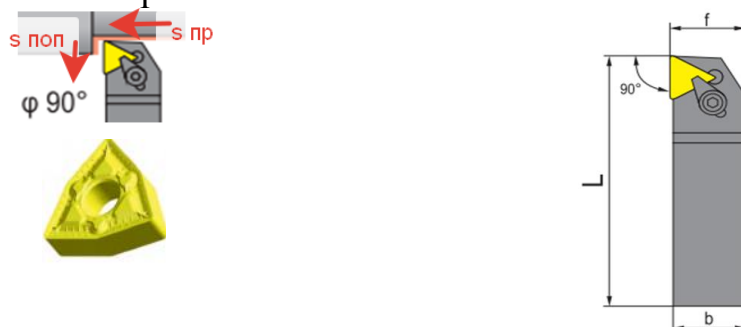


Рисунок 2. Токарный резец с треугольной СМП

В большинстве случаев треугольные СМП используются для получистой и чистой обточки цилиндрическими поверхностями с продольной подачей $s_{пр}$ до упора (контакта) с уступом, углубления на величину продольного припуска $z_{пр}$ и с последующим выводом СМП из контакта с поперечной подачей $s_{поп}$ в сторону оператора (от заготовки). В этом случае угол $\varphi = 5^\circ$ или 0° , что вызывает увеличение силы резания даже при удалении небольшого припуска $z_{пр} = 0,5-1$ мм.

Составляющая сила P_x силы резания при этом достигает больших величин из-за большой длины контакта режущей кромки с заготовкой и уменьшения толщины среза a , что в совокупности может вызвать вибрацию и выкрашивание режущей кромки. Уменьшение толщины среза a менее $0,02$ мм приводит к увеличению толщины слоя материала заготовки, подминаемого под округлённую режущую кромку, имеющую обычно радиус округления $\rho = 0,005-0,01$ мм [2]. С другой стороны, увеличение толщины среза a более 1 мм также приводит к увеличению силы P_x и P_z из-за увеличения объёма удаляемого материала и тоже грозит появлением вибрации и выкрашиванием режущей кромки.

Исследование прочности режущих пластин заключается в расчёте НДС СМП при повышенной подаче, глубине резания и большом износе. Чаще всего большой износ по задней поверхности приводит к необходимости замены режущей пластины, в противном случае может произойти скол и безвозвратная потеря СМП. При черновой обработке длина фаски износа по задней поверхности h_z должна быть не более $0,75$ мм, а при получистой $h_z \leq 0,25$ мм [2]. Рассмотрение НДС острого инструмента необходимо для сравнения с НДС изношенного.

Для нагружения 3D модели СМП необходимо знать распределение контактных напряжений (эпюры), а для этого знать технологические (P_x , P_y и P_z) и физические (нормальную N и касательную F) составляющие силы резания, длину контакта стружки с передней поверхностью инструмента s , нормальную N_h и касательную F_h силы на фаске износа по задней поверхности.

В нашем исследовании было решено ограничиться анализом НДС СМП при разной величине износа.

Часть 3D моделей СМП разделялись на две части для уменьшения объёма расчётов методом конечных элементов (МКЭ) и сравнения затем результатов расчёта НДС (рис. 3 и 4).

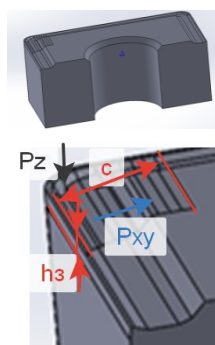


Рисунок 3. 3D модель квадратной СМП с длиной фаски износа по задней поверхности $hз = 0,7$ мм

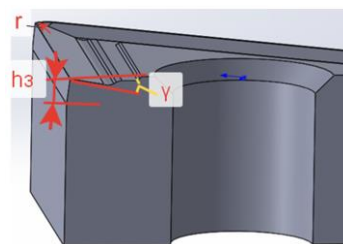


Рисунок 4. 3D модель треугольной СМП с длиной фаски износа по задней поверхности $hз = 0,7$ мм и исходным главным передним углом $\gamma = +7$

Для сокращения объёма вычислений часто принимается, что СМП за пределами 10 длин контакта стружки с передней поверхностью и 10 длин фаски износа является абсолютно жёстким телом, поэтому не важны размеры модели за пределами этой области. Это позволяет уменьшить размеры конечных элементов и увеличить точность расчётов при ограниченной мощности компьютера.

В ходе выполнения исследований была определена длина контакта стружки с передней поверхностью при разных передних углах γ (рис. 5).

По силам P_x и P_y рассчитывалась величина их результирующей P_{xy} по формуле $P_{xy} = (P_x^2 + P_y^2)^{1/2}$.

Эта результирующая использовалась для дополнительных расчётов НДС режущего клина в главной секущей плоскости, при которых принималось, что контакт СМП происходит только по главной режущей кромке с исключением участка у вершины пластины с радиусом при вершине r (рис. 4), т.е. при свободном косоугольном резании. При этом принимается, что составляющая P_{xy} направлена перпендикулярно главной режущей кромке.

Распределение контактных напряжений в области вершины инструмента определить экспериментально при сегодняшнем уровне развития техники и технологий невозможно, поэтому при расчёте целой СМП принималось, что распределение контактных напряжений такое же, что и при прямоугольном свободном резании, которое изучено достаточно хорошо с использованием метода разрезного реза [2].

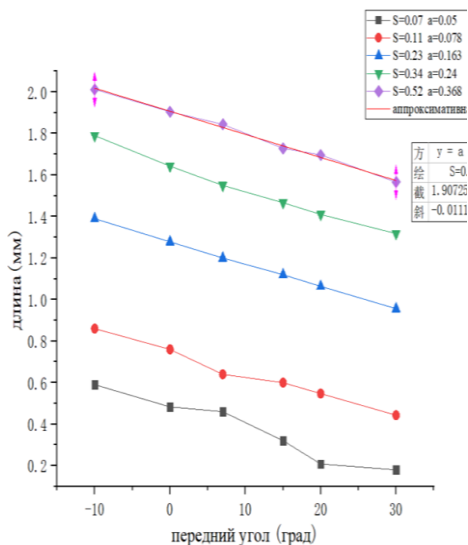


Рис. 5. Влияние переднего угла γ ($^\circ$) на длину контакта стружки с передней поверхностью s (мм) при разных толщинах среза $a = s \cdot \sin \varphi$ (мм)

Наши ранее выполненные исследования показали, что глубина резания t практически не влияет на распределение контактных напряжений и их величину, поэтому были рассчитаны удельные силы резания, приходящиеся на 1 мм длины режущей кромки q_P (Н/мм) (рис. 6 и 7). По удельной силе можно рассчитать составляющие R_{xy} и R_z при любой длине контакта b главной режущей кромки с поверхностью резания, т.е. при одной и той же величине главного угла в плане φ с любой глубиной резания t . Это позволяет сократить количество экспериментов по измерению сил резания при разных глубинах резания.

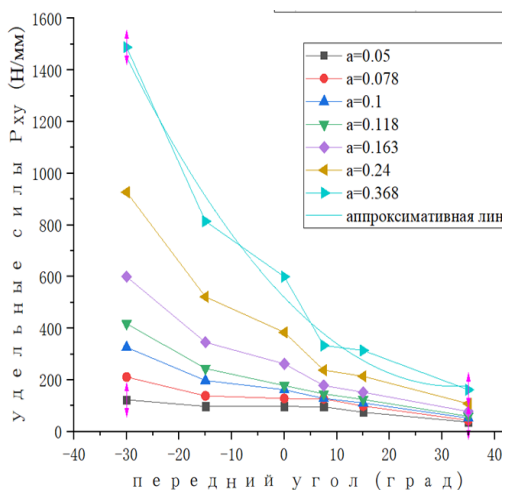


Рисунок 6. Влияние переднего угла γ ($^\circ$) на удельную силу резания, qP_{xy} (Н/мм) при разных толщинах среза a (мм)

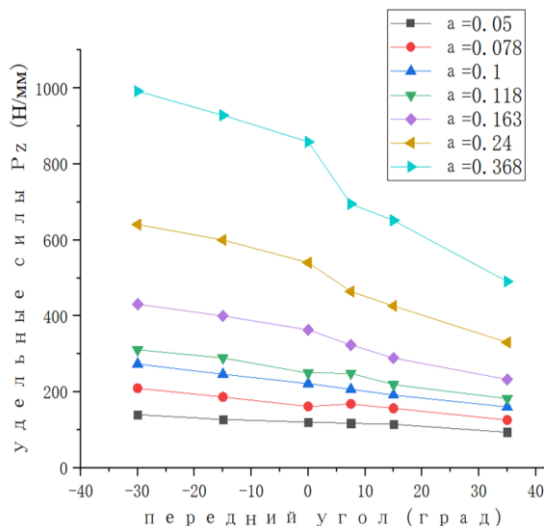
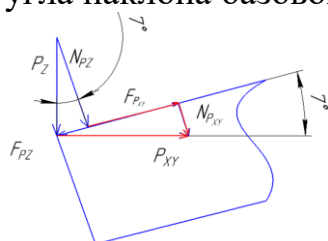


Рисунок 7. Влияние переднего угла γ ($^\circ$) на удельную силу резания, qP_z (Н/мм) при разных толщинах среза a (мм)

Длина контакта режущей кромки с поверхностью резания b рассчитывается по формуле $b = t/\sin\phi$; составляющие силы резания $P_{xy} = qP_{xy} \times b$ (Н), $P_z = qP_z \times b$ (Н).

При установке СМП на державку главный передний γ и задний α углы режущей пластины будут зависеть не только от угла самой СМП, но и от угла наклона базовой площадки под СМП (рис. 8).



$$\vec{P}_z = \vec{N}_{pz} + \vec{F}_{pz};$$

$$\vec{P}_{xy} = \vec{F}_{pxy} + \vec{N}_{pxy};$$

Рисунок 8. Схема действия сил резания на передней поверхности

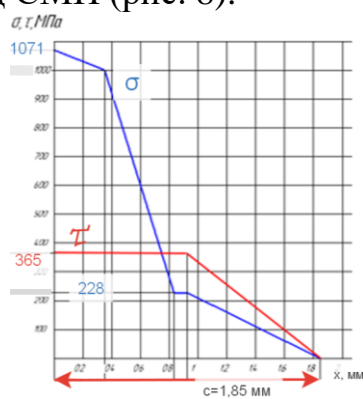


Рисунок 9. Эпюры нормальных σ и касательных τ контактных напряжений (МПа) на передней поверхности СМП при $\gamma = +7^\circ$, $s = 0,52$ мм/об ($a = 0,37$ мм)

Физические составляющие силы резания нормальная N и касательная F к передней поверхности рассчитываются по формулам:

$$N = NP_z + NP_{xy} = P_z \times \cos \gamma + P_{xy} \times \sin \gamma; \quad (1)$$

$$F = FP_{xy} - FP_z = P_{xy} \times \cos \gamma - P_z \times \sin \gamma. \quad (2)$$

Результаты измерения технологических и расчёта физических составляющих силы резания для разных передних углов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Влияние угла γ на силы резания

Передний угол γ	Силы резания при глубине резания $t = 2$ мм и подаче $s = 0,52$ мм/об			
	Технологические силы		Физические составляющие силы	
	P_{xy} ср, Н	P_z ср, Н	F, Н	N, Н
+7°	1140	2370	1425	2214
0°	1465	2424	1465	2424
-7°	1929	2512	1608	2728

По физическим составляющим силы резания и длине контакта стружки с были построены эпюры нормальных σ и касательных τ контактных напряжений на передней поверхности (рис. 9), которые прилагались к передней поверхности неизношенных СМП.

При расчёте НДС МКЭ использовалась программа ANSYS 20. Определялось распределение нормальных, эквивалентных и касательных напряжений в СМП, а также деформация.

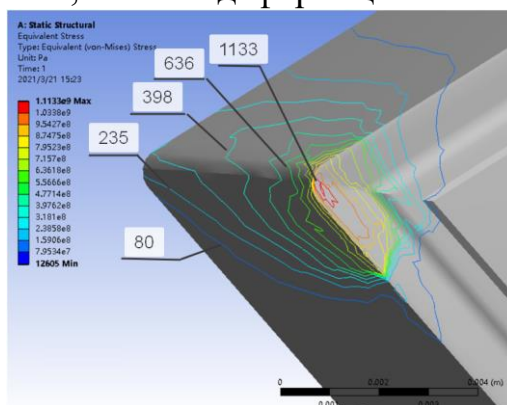


Рисунок 10. Распределение эквивалентных напряжений $\sigma_{экв}$ (МПа) в треугольной СМП, $\gamma = +7^\circ$, $s = 0,37$ мм/об ($a = 0,37$ мм)

При расчёте НДС изношенного инструмента использовалась 3D модель с фаской на задней поверхности (см. рис. 3 и 4), к которой дополнительно прикладывалось распределение контактных напряжений на искусственной фаске износа [3].

Результаты расчёта НДС СМП представлены на рис. 10 и 11 в виде влияния переднего угла γ на наибольшее эквивалентное напряжение.

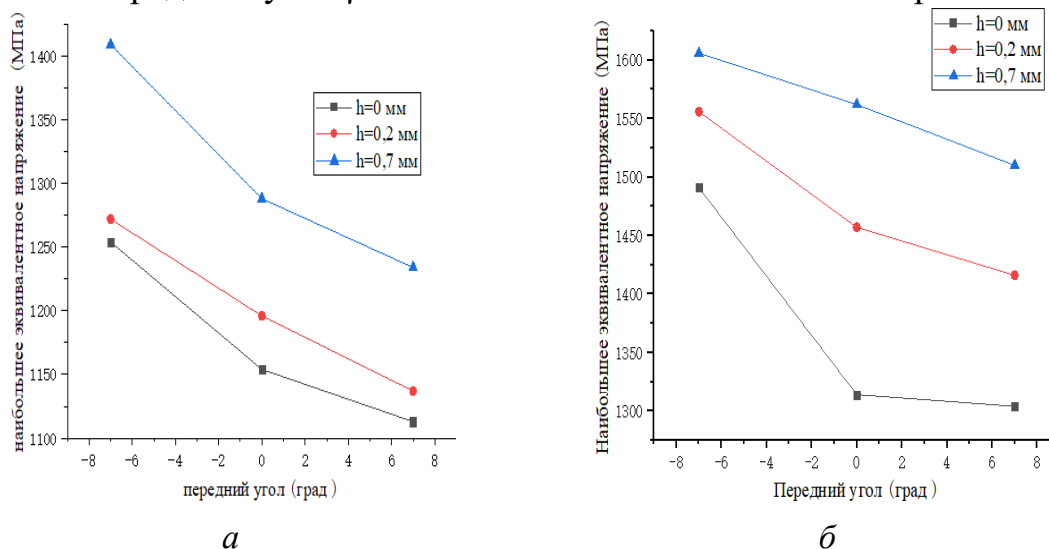


Рисунок 11. Влияние переднего угла γ ($^{\circ}$) и длины фаски износа по задней поверхности h (мм) на величину наибольшего эквивалентного напряжения $\sigma_{\text{экв max}}$ (МПа). Сталь 40Х - Т15К6, $v = 120$ м/мин, $t = 2$ мм: а – в 3-гранных СМП при $s = 0,368$ мм/об ($a = 0,368$ мм при $\varphi = 90^{\circ}$); б – в квадратных СМП при $s = 0,52$ мм/об, ($a = 0,368$ мм при $\varphi = 45^{\circ}$).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников Д. В., Гречишников В. Л., Кирсанов С. В., Кокарев В. И., Схиртладзе А. Г. Режущий инструмент: Учебник для вузов / Под редакцией С. В. Кирсанова. - 2-е изд. доп. М.: Машиностроение, 2005. - 528 с: ил.
2. Чэнь Юэчжоу. Расчёт эпюр контактных напряжений при обработке стали / Чэнь Юэчжоу, Чжан Цзяюй, В. Н. Козлов; науч. рук. В. Н. Козлов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 22-24 апреля 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . — Томск : Изд-во ТПУ , 2020 . — [С. 243-250] .
3. Kozlov V. N., Zhang J., Zhang J., Guo Y., Sabavath S. K. Research of Contact Stresses Distribution on Plunge-Cutting into a Steel Work-

piece [Electronic resource] / V. N. Kozlov [et al.] // Key Engineering Materials : Scientific Journal. — 2018. — Vol. 769 : High Technology: Research and Applications (HTRA 2017). — [284-289].

Чжао Цзялунь (Китай), Ю Цзяньюй (Китай), Ци Мэнсюй (Китай),
Козлов Виктор Николаевич

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич
к.т.н., доцент

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ РЕЖУЩИХ ПЛАСТИН СБОРНЫХ ФРЕЗ

Сборные фрезы применяются для увеличения производительности обработки, т.к. закрепляемые на них сменные многогранные пластины (СМП) чаще всего изготавливаются из твёрдого сплава, что позволяет увеличить скорость резания в 5-10 раз по сравнению с фрезами из быстрорежущей стали [1].

Нанесение износостойких покрытий на небольшие по размеру СМП упрощает технологию подготовки и нанесения покрытия по сравнению с цельными фрезами, уменьшает время технологического процесса, увеличивает качество покрытий и уменьшает себестоимость изготовления СМП.

Однако существенным недостатком твёрдосплавных СМП является их меньшая прочность и хрупкость по сравнению с быстрорежущими фрезами, что требует более точного соблюдения режима резания. Даже небольшое выкрашивание или скол режущей кромки пластины приводит к необходимости её замены, т.к. при этом увеличивается опасность развития микротрещин и вызывает увеличение вероятности поломки СМП и браку обрабатываемой заготовки. Поэтому исследование напряжённо-деформированного состояния (НДС) СМП при фрезеровании является актуальной задачей.



Рисунок 1. Концевая сборная фреза с механическим креплением СМП

Чаще всего сборные фрезы используются при торцовом и концевом фрезеровании. Концевые фрезы имеют меньшую жёсткость из-за небольшого диаметра и большой длины вылета фрезы l от торца шпинделя, что приводит к необходимости уменьшать подачу на зуб sz , глубину резания t и ширину фрезерования B (высоту уступа или глубину паза h). Это вызывает необходимость более внимательного исследования прочности их СМП.

При схеме встречного фрезерования (рис. 2), которая наиболее часто используется при черновой обработке, в момент врезания зуба фрезы происходит подмятие материала заготовки под округлённую режущую кромку. Это вызывает кратковременное увеличение составляющих P_z , P_y и P_x силы резания, величина которых быстро уменьшается после начала образования стружки (рис. 3) [2]. После этого наблюдается постепенное увеличение составляющих P_z , P_y и P_x из-за увеличения толщины среза a (мм), рассчитываемой по формуле: $a_i = sz \cdot \sin \psi_i$, где ψ_i – центральный угол от точки врезания зуба до его текущего положения ($^\circ$) (рис. 2). Угол ψ_i может быть рассчитан по формуле: $\cos \psi_i = 1 - 2 \cdot t_i / D$, где t_i – текущее значение глубины фрезерования, D – диаметр фрезы (мм).

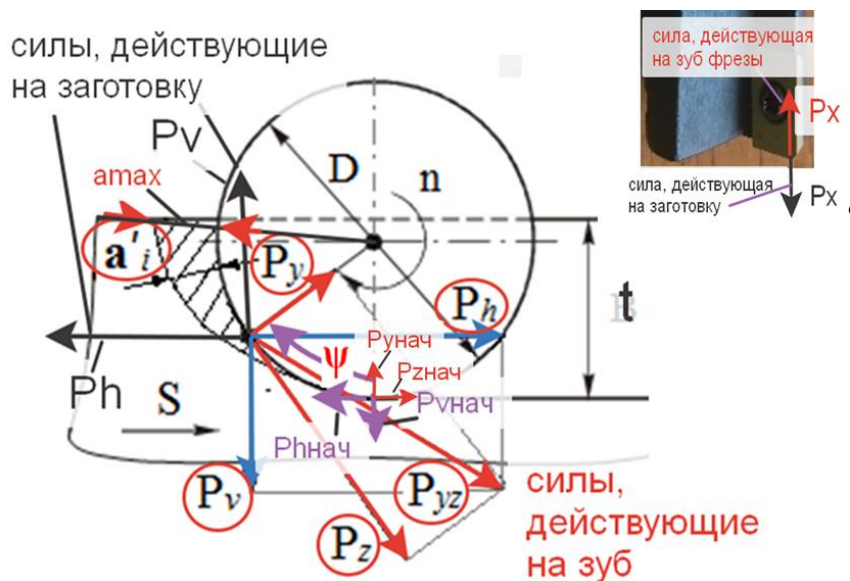


Рисунок 2. Схема действия составляющих силы резания при несимметричном встречном фрезеровании концевой фрезой

При экспериментальном исследовании силовых зависимостей во время фрезерования большой проблемой является изменение направления действия составляющих P_z и P_y силы резания, действующих на зуб фрезы (рис. 2). В начальный момент при врезании зуба на заготовку действуют силы P_z нач и P_y нач, а при дальнейшем повороте зуба эти силы изменяют своё направление на $P_z i$ и $P_y i$.

К этой проблеме прибавляется другая – с помощью динамометра, на котором закрепляется заготовка, можно измерять только технологических составляющие P_h и P_v силы резания, действующие вдоль продольной подачи s (мм/мин) и перпендикулярно ей соответственно (рис. 2).

Фрезерование торцовой фрезой с $\varphi=45^\circ$ (а) и точение резцом с $\varphi=45^\circ$ (б)

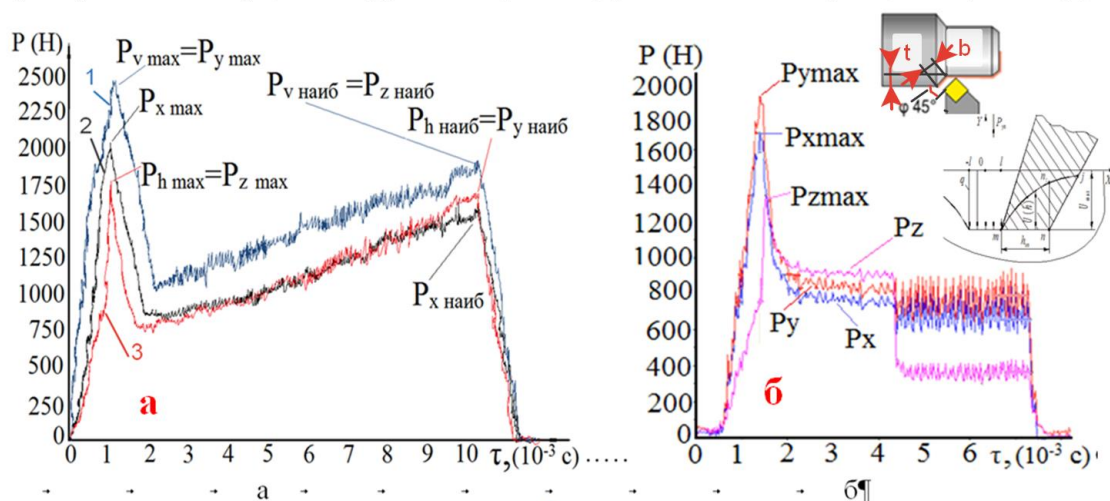


Рисунок 3. Графики изменения составляющих силы резания при фрезеровании (а) и при моделировании врезания зуба фрезы с использованием токарного резца (б). Ордината – составляющие силы резания (Н), абсцисса – время обработки τ (с).

а — при торцовом фрезеровании фрезой с одним зубом с углом наклона главной режущей кромки $\varphi = 45^\circ$, 1 – P_v , 2 – P_x , 3 – P_h ;

б — при точении резцом с врезанием в коническую поверхность, оставленную после предыдущей обработки резцом с углом в плане $\varphi = 45^\circ$, $s = 0,07$ мм/об, $v = 120$ м/мин, $t = 1,8$ мм, длина фаски износа по задней поверхности $h_z = 0,95$ мм

Сила P_x , действующая на зуб фрезы, направлена в противоположном направлении силы P_x заг, действующей на заготовку (рис. 1, 2). Она не меняет своего направления, но при наличии угла подъёма винтовой канавки ω на обычных правозаходных фрезах эта сила может быть направлена вниз, т.е. на динамометр, заставляя фрезу врезаться в заготовку. В этом случае противоположно направленная сила P_x заг старается поднять заготовку с динамометром вверх, т.е. на мониторе измерительной аппаратуры будет видно отрицательное значение этой силы.

Сложности по измерению технологических составляющих P_z и P_y силы резания вынуждают использовать моделирование фрезерования токарной обработкой, при которой резец с главным углом в плане $\varphi = 45^\circ$ врезается в коническую поверхность, оставшуюся от предыдущего эксперимента с такой же глубиной резания t (мм) (рис. 3 б), подача s (мм/об) не имеет значения. В этом случае режущая кромка входит в контакт с конической поверхностью (бывшая поверхность резания) одновременно по всей рабочей длине, которая определяет ширину сре-

за b (мм): $b = t/\sin \varphi$. Это имитирует врезание зуба или СМП торцовой фрезы в начальный момент врезания.

При токарной обработке также сначала кратковременно увеличивается величина всех составляющих сил резания, а после образования стружки они быстро уменьшаются до величин, характерных для установившегося резания (рис. 3 б).

Кратковременное увеличение сил резания при врезании связано с вдавливанием слоя материала заготовки под режущую кромку с радиусом округления ρ . Эксперименты показали, что с увеличением длины фаски износа по задней поверхности h_z происходит большее увеличение сил при врезании по сравнению с установившемся резанием.

При фрезеровании имеются два опасных положения зуба фрезы с точки зрения его прочности: момент врезания и момент выхода зуба фрезы из контакта заготовки. Во втором случае толщина среза наибольшая, которую можно рассчитать по формуле:

$$a_{\max} \approx s_z \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{t}{D}} \quad (1)$$

Во втором случае дополнительная опасность связана с резким изменением направления действия сил P_z и P_y : перед выходом зуба из контакта с заготовкой они направлены как показано на рис. 3, а сразу же после выхода зуба – в противоположном направлении из-за упругой деформации материала зуба фрезы под действием сил P_z и P_y . Особенно опасно это положение зуба для твёрдого сплава, т.к. при резании в режущем клине создаются напряжения сжатия, а твёрдый сплав имеет достаточно большой предел прочности на сжатие (для твёрдого сплава ВК8 $\sigma_{\text{сж}} \approx 4200$ МПа), а сразу же после снятия сил – напряжения растяжения, а твёрдый сплав имеет меньший предел прочности на растяжение (для твёрдого сплава ВК8 $\sigma_{\text{р}} \approx 750$ МПа).

Поэтому при определении рациональных геометрических параметров зуба фрезы или СМП необходимо определить НДС режущего клина при врезании и при выходе зуба из контакта. Для расчёта НДС СМП необходимо знать:

1) при врезании: технологические составляющие $P_z h$, $P_y h$ и $P_x h$, действующие на фаске износа по задней поверхности, по которым можно рассчитать физические составляющие N_h и F_h силы, действующие на фаске износа по задней поверхности при врезании. Перед этим необходимо выделить силы, действующие на фаске износа по главной режущей кромки $P_z h$, $P_y h$ и $P_x h$, и на вспомогательной режущей кромке $P_z h_{\text{всп}}$, $P_y h_{\text{всп}}$ и $P_x h_{\text{всп}}$. При этом принимаем, что при врезании на

передней поверхности сил P_z п, P_y п и P_x п нет, т.к. нет стружки, от которой могли бы появиться эти силы.

2) при выходе зуба или СМП из контакта:

а) технологические составляющие P_z h, P_y h и P_x h, действующие на фаске износа по задней поверхности, по которым можно рассчитать физические составляющие нормальную N_h и касательную F_h силы, действующие на фаске износа по задней поверхности при врезании. Перед этим необходимо выделить силы, действующие на фаске износа по главной режущей кромки P_z h, P_y h и P_x h, и на вспомогательной режущей кромке P_z h всп, P_y h всп и P_x h всп;

б) технологические составляющие P_z п, P_y п и P_x п, действующие на передней поверхности, по которым можно рассчитать физические составляющие нормальную N и касательную F силы, действующие на передней поверхности непосредственно перед выходом из контакта, т.е. при толщине среза $a_i = a_{max}$. При этом принимаем, что на передней поверхности у вспомогательной режущей кромки силы P_z п всп, P_y п всп и P_x п всп пренебрежимо малы по сравнению с остальными силами или они учтены при их выделении.

Для выделения сил на задней поверхности необходимо из сил P_z , P_y и P_x , полученных при износе, вычитать силы на остром режущем инструменте. При этом принимается, что на передней поверхности силы от износа по задней поверхности не зависят.

Распределение контактных напряжений на передней поверхности и на фаске задней поверхности при обработке стали 40Х было исследовано ранее [2, 3], для построения эпюр требуется рассчитать физические составляющие силы резания на передней поверхности и фаске задней поверхности.

Результаты расчёта НДС СМП при использовании программы ANSYS представлены на рис. 4. При небольшой длине фаски износа задней поверхности $h_3 = 0,13$ мм на передней поверхности имеется зона с наибольшей величиной эквивалентного напряжения $\sigma_{э\text{ наиб}} = 379$ МПа, на задней поверхности эти напряжения небольшие ($\sigma_{э\text{ наиб}} = 126$ МПа). При увеличении длины фаски износа задней поверхности до $h_3 = 0,54$ мм на передней поверхности наибольшая величина эквивалентного напряжения увеличивается до $\sigma_{э\text{ наиб}} = 415$ МПа, а на задней поверхности эти напряжения увеличиваются более существенно: до $\sigma_{э\text{ наиб}} = 415$ МПа. Это увеличение негативно сказывается на запасе прочности СМП, особенно с учётом возможного развития трещины, соединяющей эти две опасные зоны.

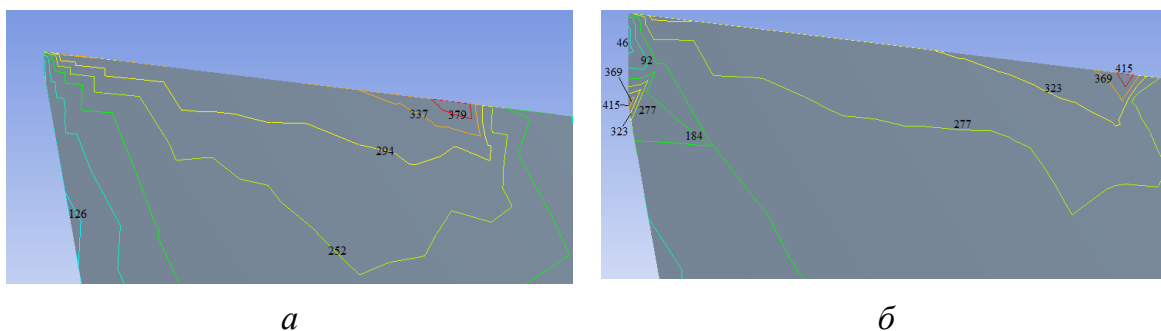


Рисунок 4. Распределение эквивалентного напряжения $\sigma_{\text{э}}$ [МПа] в режущем клине СМП сборной концевой фрезы. Сталь 40Х – ВК8; $D_{\text{фр}} = 32$ мм, $t = 16$ мм, $B = 16$ мм, $v = 120$ м/мин; $sz = 0,17$ мм/зуб, $a_{\text{max}} = 0,24$ мм, округление режущей кромки $\rho = 5$ мкм. Длина фаски износа задней поверхности: *a* – $h_z = 0,13$ мм; *б* – $h_z = 0,54$ мм

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников Д. В., Гречишников В. Л., Кирсанов С. В., Кокарев В. И., Схиртладзе А. Г. Режущий инструмент: Учебник для вузов / Под редакцией С. В. Кирсанова. - 2-е изд. доп. М.: Машиностроение, 2005. - 528 с: ил.
2. Чэнь Юэчжоу. Расчёт эпюр контактных напряжений при обработке стали / Чэнь Юэчжоу, Чжан Цзяюй, В. Н. Козлов; науч. рук. В. Н. Козлов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 22-24 апреля 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . – Томск : Изд-во ТПУ , 2020 . - [С. 243-250] .
3. Kozlov V. N., Zhang J., Zhang J., Guo Y., Sabavath S. K. Research of Contact Stresses Distribution on Plunge-Cutting into a Steel Workpiece [Electronic resource] / V. N. Kozlov [et al.] // Key Engineering Materials : Scientific Journal. – 2018. – Vol. 769 : High Technology: Research and Applications (HTRA 2017). - [284-289].

Чэнь Ян (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Курганов Василий Васильевич,
к.т.н., доцент

ВЛИЯНИЯ ПАРАМЕТРОВ НАСТРОЙКИ ШИРОТНО-ИМПУЛЬСНОЙ МОДУЛЯЦИИ НА КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОЦЕССА РЕГУЛИРОВАНИЯ РАСХОДА

Введение

Регулирование расхода вещества достаточно старая и часто решаемая задача в автоматизации. Но это не означает, что все проблемы в этой области решены. Конечно, есть накопленный опыт, есть определённые подходы к решению подобных задач, но зачастую разработчик сталкивается с вопросами, ответы на которые могут быть получены в результате длительных экспериментов с последующим обобщением результатов. Такие подходы не дают универсальных решений, но польза в них, несомненно, большая.

В настоящей работе рассмотрены вопросы повышения качества регулирования использованием различных видов модулирующего напряжения в широтно-импульсном преобразователе для управления импульсным исполнительным механизмом.

Описание экспериментов

В качестве примера рассматривается задача регулирования расхода жидкости в трубопроводе. На рисунке 1 представлена функциональная, а на рисунке 2 структурная схема такой системы.

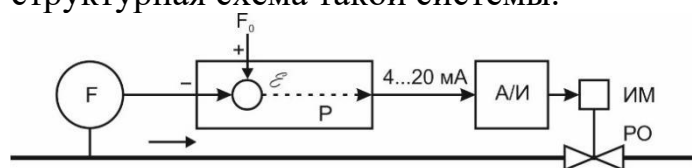


Рисунок 1. Функциональная схема регулирования расхода с импульсным ИМ

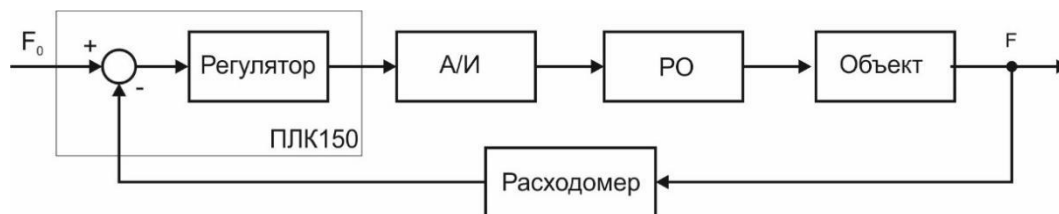


Рисунок 2. Структура контура регулирования с импульсным исполнительным механизмом

Измерение расхода F выполняется ультразвуковым расходомером. Результат измерения сравнивается с заданием F_0 и по результату ошибки ε регулятор формирует управляющий сигнал на исполнительный механизм (ИМ), который перемещает регулирующий орган (РО). РО перемещается и, изменяя полезное сечение трубопровода, изменяет расход. В зависимости от принципа действия ИМ выходной сигнал регулятора может быть как аналоговым (непрерывным), так и импульсным.

Использование аналоговых исполнительных механизмов крайне финансово затратно, в виду не только высокой цены таких механизмов, но и необходимости дополнительных источников энергии (часто пневматических), позволяющих перемещать РО в соответствии с заданием регулятора. Использование импульсных ИМ решает эти проблемы. Во-первых, широкий ценовой диапазон таких устройств, и во-вторых доступность источника электрической энергии, используемой для управления.

Использование импульсных ИМ приводит к необходимости преобразования аналогового сигнала управления в импульсный. Одним из решений такой задачи является широтно-импульсных модуляторов (ШИМ). В результате сравнения выходного сигнала регулятора $u(t)$ с пилообразным модулирующим напряжением, формируются импульсные сигналы управления на ИМ (см. рисунок 3).

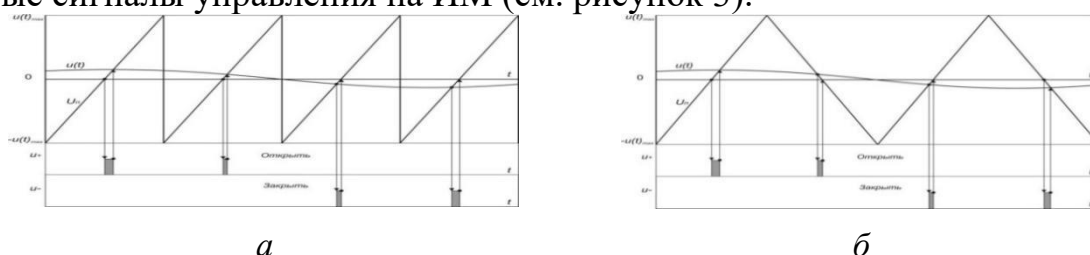


Рисунок 3 – ШИМ для различных видов модулирующего напряжения

Для оценки качества регулирования используются следующие показатели качества: перерегулирование σ и время регулирования t_p . Эксперименты проводятся на реальном объекте. Все вычислительные задачи решаются контроллером ПЛК150 компании Овен (см. рисунок 2).

Эксперименты выполняются для следующих видов модулирующего напряжения:

SAWTOOTH_RISE (пилообразный модулирующий разнополярный сигнал, рисунок 3а)

TRIANGLE (треугольный модулирующий разнополярный сигнал, рисунок 3б)

Результаты экспериментов

Результаты экспериментов представлены в таблице 1.

Таблица 1

Сводная таблица показателей качества исследования

Параметры ШИМ		Качественные показатели	
		$\sigma, \%$	t_p, c
Амплитуда (A) (T=1c, TRIANGLE)	$1 * \varepsilon(t)_{\max}$	12,7 %	9
	$10 * \varepsilon(t)_{\max}$	19,3 %	7
Период (T), c (A=10* $\varepsilon(t)_{\max}$, TRIANGLE)	1	19,3 %	7
	5	12 %	10
Mode (A=10* $\varepsilon(t)_{\max}$, T=1c)	TRIANGLE	19,3 %	7
	SAWTOOTH_RISE	16 %	7

Заключение

В результате проведённых экспериментов, объём которых значительно выше, чем представлено в работе, выявлены следующие закономерности:

- увеличение амплитуды модулирующего напряжения при любой его форме приводит к увеличению перерегулирования и уменьшению времени регулирования;

- увеличение периода ШИМ также является значимым возмущающим воздействием и ухудшает показатели качества, но с другой стороны сокращение управляющих воздействий на исполнительный механизм, при увеличении периода ШИМ, является положительным моментом;

- пилообразное напряжение SAWTOOTH_RISE оказывается приемлемым модулирующим напряжением.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ШИМ контроллеры. Назначение, использование. [Электронный ресурс]: – режим доступа: https://portal.tpu.ru/SHARED/g/GREBENNIKOVVV/students/Tab4/Tab/ShIM_kontrolle ry.pdf
2. Лоскутов А.Б. Программирование ПЛК в CoDeSys. / Лоскутов А.А., Зырин Д.В. - Нижний Новгород.: Типография НГТУ, 2018.
3. Погадаев Е.А., Курганов В.В. Использование индуктивного преобразователя перемещения для решения задачи позиционирования движущегося объекта //Молодежь и современные информационные технологии. Сборник трудов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых

ученых. Национальный исследовательский Томский политехнический университет. Томск. - 2014. - С. 392 -393.

Шаяхметов Михаил Павлович (Казахстан)

Алтайский государственный институт культуры, г. Барнаул

Научный руководитель: Колесник Надежда Борисовна,
член Союза дизайнеров России, доцент кафедры дизайна и архитектуры

ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ ВХОДНОЙ ГРУППЫ В ЗООПАРК

Входная группа — это совокупность архитектурных и инженерных элементов, которые могут располагаться как на входе в здание (жилой дом, магазин, офис, и т.д.), так и на открытом пространстве (аллеи, скверы, парки, зоны отдыха). В обоих случаях входная группа играет важную роль разграничения пространства, обозначение территории, защиты от солнечного света или атмосферных осадков, а в некоторых случаях может даже являться лицом помещения или пространства.

Отсутствие новых идей в современной культуре является основной проблемой при формировании эстетически гармоничных пространств и конструктивных решений входных групп. Как правило, дизайнерские решения повторяют зарубежные аналоги и не могут предложить нечто новое и уникальное. Стоит отметить, что современный уровень технического прогресса позволяет воплотить в материале самые невероятные дизайнерские решения.

Входные группы в парки, скверы и иные места общего пользования, так же, как и офисные здания или торговые центры, имеют между собой ряд особенностей. В проекте необходимо соблюдать важные условия: пропускная способность, прочность конструкции, устойчивость отдельных элементов, безопасность и т.д.

Чтобы выполнить эти условия, необходимо тщательно выбирать материалы. Входные группы в зоопарках располагаются на открытом воздухе, подвержены климатическому влиянию: дождь, снег, перепады между дневными и ночными температурами, сезонность. Такие материалы, как например, натуральные камни, древесина соблюдают условия, гармонично сочетаются с окружающей местностью, но, по сравнению с искусственными материалами, использование их выходит дороже, и потому не всегда целесообразно. В таких случаях самыми популярными являются металл, ПВХ или поликарбонат. Группы из пластика чаще

всего представляют собой комбинацию профилей, дополненных ПВХ-панелями, стеклопакетами, сэндвич-панелями и т.д. Поликарбонат по эстетичности и прочности превосходит пластик по ряду характеристик: декоративность, более высокая прочность, возможность изготовления деталей сложных форм и высокая степень светопропускания. Входные группы из алюминиевого профиля при сравнительно небольшой массе являются наиболее прочными, способными выдерживать перепады температуры, и рассчитанные на интенсивное использование.

По физическим характеристикам входные группы могут отличаться в зависимости от размеров и вместительности. В случае с зоопарками их ежедневно посещает огромное количество людей, потому вход должен обеспечить пропускную способность без создания очередей. Так же во входную группу можно добавить такие элементы как турникеты, калитки, ворота ограничители и т.д. Они обеспечат контролируемый ход людей, в случае необходимости получения и проверки билетов или ограничение количества единовременных посетителей. Современные технологии позволяют вести учет посетителей, например, их количество.

Разумеется, помимо функциональности входная группа должна обладать и эстетическими качествами. Есть множество вариантов, как можно украсить наружную конструкцию. Такие как «различные памятники, скульптуры и статуи, резьба, колонны, инсталляции и фонтаны – все они могут гармонично дополнить образ конструкции и самой местности. Самое главное в этом вопросе – использование качественных, крепких материалов, так как большой поток людей – это ежедневная нагрузка» [3] на конструкцию.

Следует учитывать визуальный образ входной группы, как этот образ соотносится с содержанием самого зоопарка, с окружающим пространством, как он вписывается в среду. Он может быть контрастным по отношению к окружению, быть доминантой или акцентом, а может гармонично сочетаться с существующей застройкой и объемно-планировочным решением территории.

В рамках работы над проектом были проанализированы входные группы в зоопарки в отечественной и зарубежной практике проектирования. В настоящее время немногие зоопарки могут похвастаться оригинальной, интересной входной группой. Зачастую это архитектурные сооружения или статичные декоративные конструкции. В качестве положительного примера можно рассмотреть:

Московский зоопарк. Входная группа этого зоопарка выполнена в виде скалистой стены и крепости в ней. Конструкция выполняет и декоративную, и практическую, функциональную роль, она является павильоном.

Зоопарк Будапешта. Входная группа в этот зоопарк выполнена в виде стены с центральными воротами и шестью дополнительными проходами по сторонам. Центральный вход украшен витражом, резьбой и скульптурами животных.

Входом в Берлинский зоопарк являются сооружения в восточном стиле. В центре находится высокая арка, декорированная красным деревом, золотистыми пластинами и каменными резными колоннами с двумя скульптурами слонов.

Зоопарк Дусит, Бангкок. Входная группа представлена в виде перекинутого через дорогу и оплетенного корнями ствола дерева, на котором установлены фигуры самых разных животных – от слонов и оленей, до павлинов и пингвинов. Павильоны при входе выполнены в виде поваленных стволов деревьев.

В рассмотренных примерах наиболее известных зоопарков, входные группы выполнены с оригинальным, уникальным подходом. Таких примеров не много. Все остальные, как правило, имеют однообразные, стандартные ворота, вывески.

Оформление внутренней территории зоопарков, так же имеет не мало важное значение. Большие зоопарки подразделяются на зоны, внутренние секции. Это деление осуществляется за счет арок, тоннелей, всевозможных навесов и проходов. Подобный прием используется для того, чтобы было быстрее и удобнее посетителям ориентироваться, понимать свое расположение на территории зоопарка и узнавать ближайшие секции. Это зонирование может быть выполнено несколькими приемами. Один из приемов – оформление тематических входных групп на эти территории внутри самого зоопарка.

Разработанный автором проект предлагает как раз такую внутреннюю входную группу для орнитологической секции зоопарка. Предварительный этап работы над проектом заключался в анализе аналогов и территории проектирования. Входная группа разрабатывалась для территории барнаульского зоопарка «Лесная сказка», его орнитологической секции.

Барнаульский зоопарк свою историю ведет с 1995 года, а с 12 августа 2010 года он был официально зарегистрирован. В настоящее время барнаульский зоопарк стал любимым местом отдыха горожан и гостей краевой столицы. Он занимает территорию в 5 гектаров, на которой располагаются вольеры и обслуживающие помещения, а также зоны для отдыха и развлечений. На постоянной основе в зоопарке проживает более 350 особей десятков видов животных и птиц.

На первом этапе проектирования была выполнена клаузура, включающая вербальный ряд и визуальный образ объемно планировочного

решения входной группы (рис. 1). В дальнейшем образ дорабатывался в проектное решение.



Рисунок 1. Клаузура

В основу концептуального решения входной группы на территории где располагаются птицы, был взят образ попугая корелла. В ходе стилизации природной формы автор разработал конструкцию в виде Л-образной арки с подвижными крыльями (рис. 2).

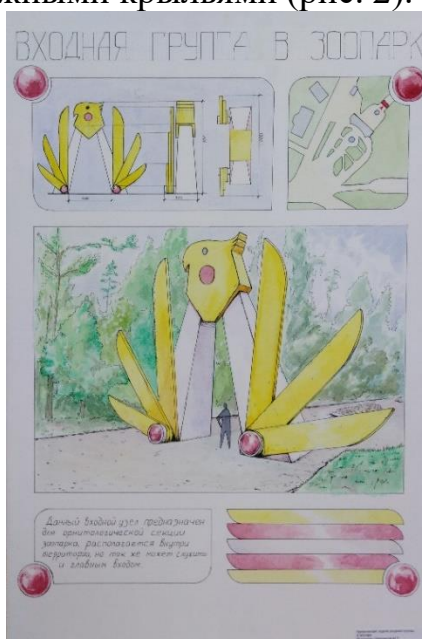


Рисунок 2. Графическая подача

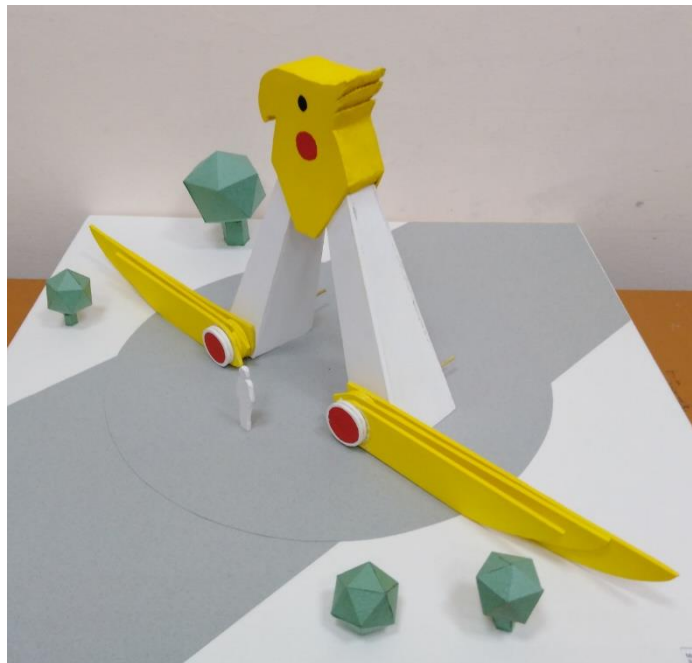


Рисунок 3. Макет

Конструктивной основой входной группы является металлоконструкция, покрываемая поверх листами и деталями из алюкобонда – прочного и пластичного материала (рис. 3). Этот материал подходит для обшивки любых наружных конструкций и выдерживающего любые погодные условия. Движение крыльев осуществляется за счет внутренних механизмов у основания арки. Еще одним вариантом решения подвижных крыльев может служить пневмоконструкция с надувными крыльями. Такие конструкции легко устанавливаются в любом месте, они абсолютно безопасны и полностью экологичны. За счет динамики привлекают внимание. В темное время суток предусмотрена подсветка входной группы по периметру конструкции.

Разработанное проектное решение входной группы на территории зоопарка отличается образностью, функциональностью, эргономичностью, простотой исполнения. В предложенной автором стилистике могут быть разработаны и входные группы на другие территории зоопарка. Они станут своеобразными знаковыми ориентирами для посетителей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Джон Аллен Базовые геометрические формы для дизайнеров и архитекторов. – М.: Питер, 2016. – 903 с.
2. Ожегов С. С. История ландшафтной архитектуры. – М.: Стройиздат, 2018. – 240 с.

3. Барнаульский зоопарк «Лесная сказка» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.tourister.ru/world/europe/russia/city/barnaul/zoo> (дата обращения 11.02.2021)
4. Бриджуотер А. Ландшафтный дизайн: [лучшие идеи для планировки сада, виды садового дизайна, садовые проекты и конструкции, настилы, дорожки, ступеньки, газоны, бордюры, цветники, советы по выбору растений, стелющиеся кустарники, клумбы, растения в пруду] / Алан и Джилл Бриджуотер ; [пер. с англ.: П. Малышев]. – Харьков ; Белгород : Клуб семейного досуга, 2011. – 110 с.
5. Воронова О. В. Ландшафтный дизайн: шаг за шагом: авторские мастер-классы. – Москва : Эксмо, 2011. – 303 с.
6. Входная группа в парк [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://stroj-innovatsii.ru/poleznoe/vhodnyie-gruppy/vkhodnaia-gruppy-v-park/> (дата обращения 11.02.2021)

Шэнь Юань (Китай), Ван Дакунь (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Дедова Елена Сергеевна, д.т.н., доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ МИКРОСТРУКТУРЫ МНОГОКОМПОНЕНТНОЙ КЕРАМИКИ, СТАБИЛИЗИРОВАННОЙ ЭНТРОПИЕЙ

Введение

Материалы, стабилизированные конфигурационной энтропией смешения, имеющие длинную периодичность решетки, но неупорядоченность состава, привлекают большой научный и практический интерес вследствие уникальных свойств, в том числе высокая прочность, твердость, сверхпроводимость и т. д. 1. Первоначальные работы касались высокоэнтропийных металлических сплавов 2, но в 2015 году было показано, что та же концепция может быть применена к керамике 3. На сегодняшний момент класс керамик, стабилизированных энтропией, включает в себя оксиды, бориды, нитриды, карбиды и т.д. 4.

Карбиды тугоплавких металлов привлекают значительное внимание благодаря своим превосходным физическим, химическим и механическим свойствам. Различные твердые растворы карбидов тугоплавких металлов были получены с использованием различных технологических

процессов, в том числе горячее прессование и искровое плазменное спекание, с целью увеличения их плотности и свойств при комнатной температуре, при высоких и сверхвысоких температурах [5]. Однако на сегодняшний день остаются открытыми вопросы о структурно-фазовых изменениях, протекающих в процессе получения данных материалов. Целью настоящей работы является изучения микроструктурных изменений в керамической карбидной системе, протекающих в процессе высокотемпературной консолидации.

Материалы и методики

В качестве исходных компонент для получения керамических материалов (Zr,Hf,Nb,Ti)C использовали порошки карбидов гафния, ниобия, титана и циркония в эквимолярном соотношении компонентов. Приготовление порошковых смесей с их одновременной активацией производилось в планетарной мельнице-активаторе типа АГО в среде аргона в течение 3 минут. Образцы керамики были получены горячим прессованием порошковых смесей при температурах 1400-1900 °C с шагом 100 °C в атмосфере аргона. Микроскопические исследования проводились на сканирующем электронном микроскопе Vega Tescan. Оценка пористости образцов, средних размеров частиц порошков и пор осуществлялась методом случайных секущих по микрофотографиям.

Изучение микроструктуры керамических материалов, стабилизированных энтропией

На рисунке 1 приведены изображения исходных порошков и распределение частиц по размерам. Порошок карбида циркония был представлен частицами нерегулярной формы, средний размер которых составил $0,95 \pm 0,04$ мкм, рис. 1 (а). Морфология порошка карбида гафния представлена частицами осколочной формы, средний размер которых был равен $3,4 \pm 0,13$ мкм, рис. 1 (б). Средний размер частиц NbC составил $1,3 \pm 0,03$ мкм, рис. 1 (в). Порошок карбида титана представлен полиэдрическими частицами, средний размер которых составил $6,8 \pm 0,13$ мкм, рис. 1 (г). Распределение частиц по размерам исследуемых порошков носило унимодальный характер.

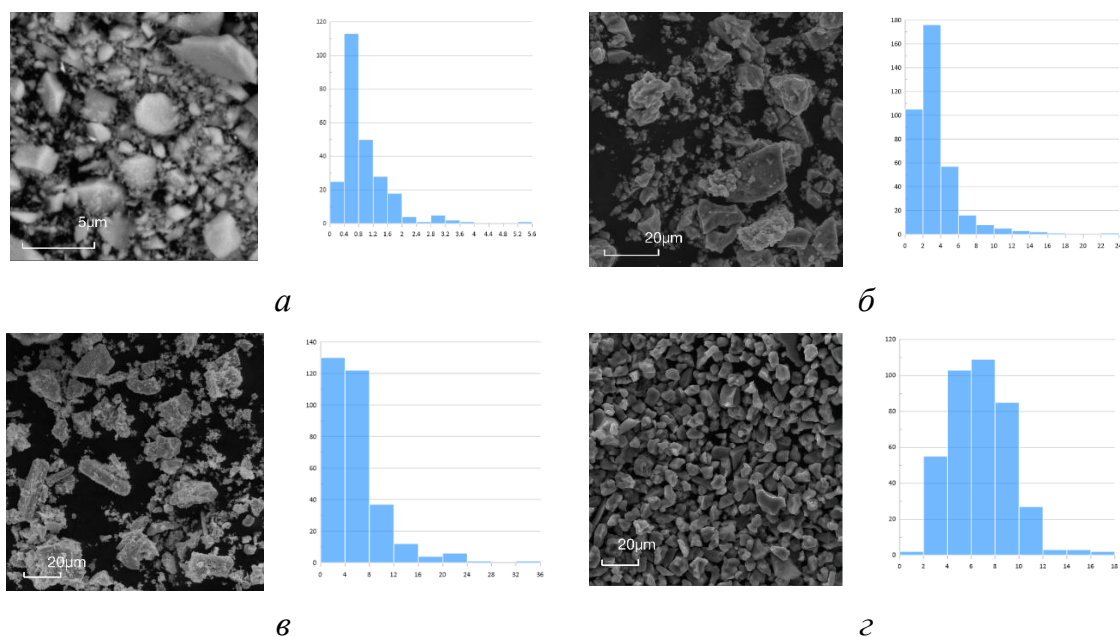


Рисунок 1. Изображения частиц порошков и распределение частиц по размерам

Результаты рентгеновского анализа показали, что однофазный керамический твердый раствор замещения $(Zr, Hf, Nb, Ti)C$ с ГЦК решеткой по типу NaCl формируется при температуре горячего прессования 1700 оС из эквимольной порошковой смеси $ZrC-HfC-NbC-TiC$.

Увеличение температуры горячего прессования с 1400 до 1900 оС привело к изменению микроструктуры керамической системы $ZrC-HfC-NbC-TiC$, рисунок 2. Видно, что структура керамики, полученной при температуре 1400 °С неоднородна, на полированной поверхности материала хорошо различимы границы фаз, рис.2 (а). Дальнейшее повышение температуры спекания керамики привело к изменению ее микроструктуры. Так, структура керамических материалов, полученных при температуре 1700 °С, однородна, на поверхности присутствует случайная пористость, рисунок 2 (г).

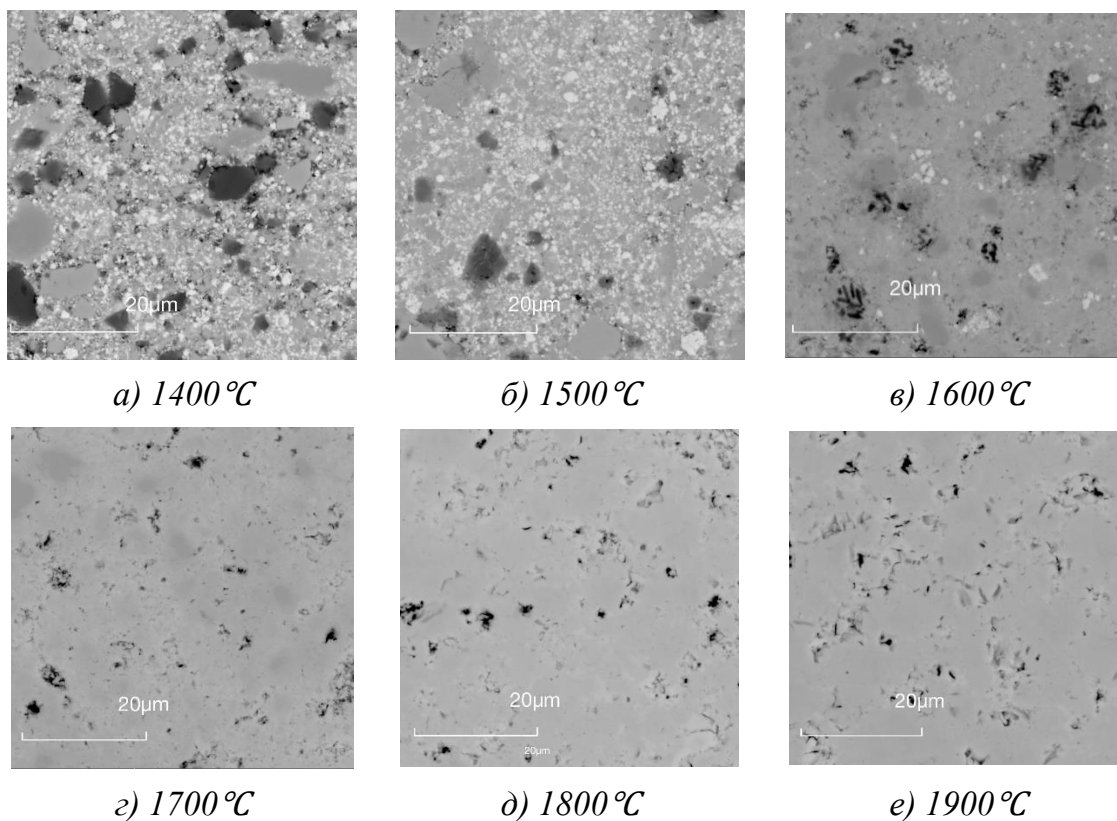


Рисунок 2. Микроструктура керамической системы $ZrC-HfC-NbC-TiC$, полученной при разных температурах горячего прессования ($\times 5000$)

На рисунке 3 приведена зависимость изменения пористости керамической системы $ZrC-HfC-NbC-TiC$ от температуры спекания. Видно, что увеличение температуры горячего прессования привело к уменьшению пористости с 14 % до 8 % при повышении температуры спекания с 1400 до 1900 оС. При этом средний размер пор изменялся незначительно по мере роста температуры спекания, рисунок 4. Так, средний размер пор системы $ZrC-HfC-NbC-TiC$, полученной при 1400 °С, составлял $0,9 \pm 0,02$ мкм. В то время, как средний размер пор $ZrC-HfC-NbC-TiC$, полученной при 1900 °С, был равен составляет $1,2 \pm 0,04$ мкм.

Плотность исследуемых керамических образцов увеличивалась по мере роста температуры спекания, рисунок 5. Видно, что для состава $ZrC-HfC-NbC-TiC$ наблюдалось ступенчатое изменение плотности материалов с увеличением температуры. Спекание до температуры 1500 оС не оказало влияние на уплотнение керамики, $\rho = 7,2$ г/см³. Дальнейшее повышение температуры до 1900 оС привело к значительному уплотнению материалов, $\rho = 7,8$ г/см³.

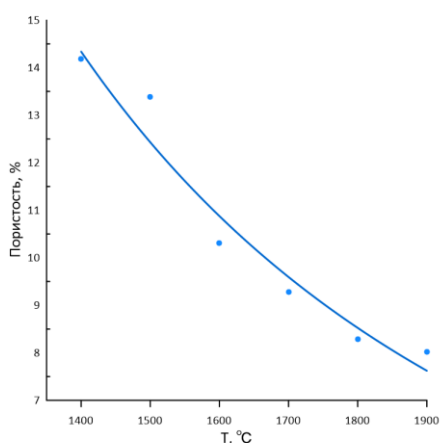


Рисунок 3. Зависимость изменения пористости керамической системы ZrC-HfC-NbC-TiC от температуры горячего прессования

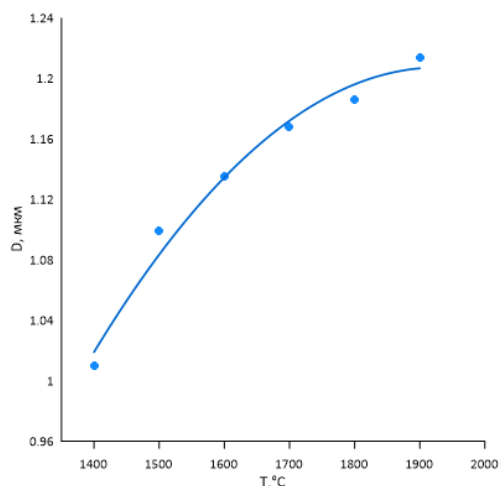


Рисунок 4. Зависимость изменения размера пор керамической системы ZrC-HfC-NbC-TiC от температуры горячего прессования

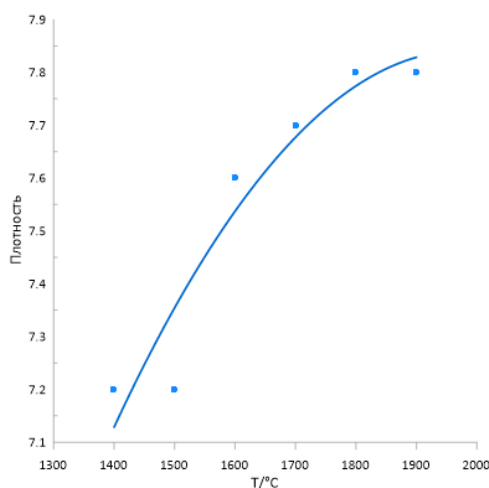


Рисунок 5. Зависимость изменения плотности керамической системы ZrC-HfC-NbC-TiC от температуры горячего прессования

Заключение

В ходе выполнения работы изучена морфология исходных порошков карбидов переходных металлов и проведена оценка их среднего размера частиц. Установлено, что увеличение температуры горячего прессования приводит к изменению микроструктуры керамической системы ZrC-HfC-NbC-TiC. Показано, что повышение температуры спекания с 1400 до 1900 оС приводит к уменьшению пористости керамики с 14 до 8 %, при этом средний размер пор изменяется незначительно. Установлено, что однофазный керамический твердый раствор замеще-

ния (Zr,Hf,Nb,Ti)C с ГЦК решеткой по типу NaCl формируется при температуре горячего прессования 1700 оС из эквимольной порошковой смеси ZrC-HfC-NbC-TiC.

Работа выполнена в рамках государственного задания ИФПМ СО РАН, номер проекта FWRW-2021-0009

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Cantor B. et al. Microstructural development in equiatomic multicomponent alloys //Materials Science and Engineering: A. – 2004. – Т. 375. – С. 213-218.
2. Yeh J. W. et al. Nanostructured high-entropy alloys with multiple principal elements: novel alloy design concepts and outcomes //Advanced Engineering Materials. – 2004. – Т. 6. – №. 5. – С. 299-303. Tsai M. H., Yeh J. W. High-entropy alloys: a critical review //Materials Research Letters. – 2014. – Т. 2. – №. 3. – С. 107-123.
3. Zhang R. Z., Reece M. J. Review of high entropy ceramics: design, synthesis, structure and properties //Journal of Materials Chemistry A. – 2019. – Т. 7. – №. 39. – С. 22148-22162.
4. Oses C., Toher C., Curtarolo S. High-entropy ceramics //Nature Reviews Materials. – 2020. – Т. 5. – №. 4. – С. 295-309
5. Zhang R. Z., Reece M. J. Review of high entropy ceramics: design, synthesis, structure and properties //Journal of Materials Chemistry A. – 2019. – Т. 7. – №. 39. – С. 22148-22162.

Ю Цзяньюй (Китай), Ци Мэнсюй (Китай), Чжао Цзялунь (Китай),
Козлов Виктор Николаевич

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Козлов Виктор Николаевич, к.т.н., доцент

ОСОБЕННОСТИ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЧНОСТИ ЦЕЛЬНЫХ КОНЦЕВЫХ ФРЕЗ

Концевые фрезы широко используются в машиностроении на вертикально-фрезерных станках для обработки уступов, пазов и плоскостей небольшой ширины.

Для уменьшения неравномерности резания и облегчения врезания в заготовку на концевых фрезах используются правозаходные (с правым направлением) винтовые стружечные канавки, т.е. с отрицательным углом наклона главной режущей кромки λ , который на фрезах обозначается как угол ω . Обычно $\omega = 30-35^\circ$ в зависимости от их диаметра, обрабатываемого и инструментального материала [1].

В связи со сложной формой фрез они чаще всего изготавливаются из быстрорежущей стали (Р6М5, Р6М5К5 и т.п.), которая имеет большую прочность по сравнению с твёрдым сплавом, но меньшую стойкость.

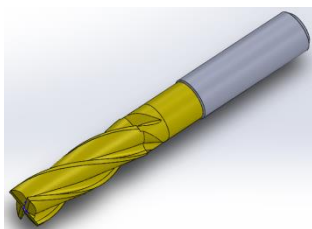


Рисунок 1. 3-D модель концевой цельной фрезы с цилиндрическим хвостовиком

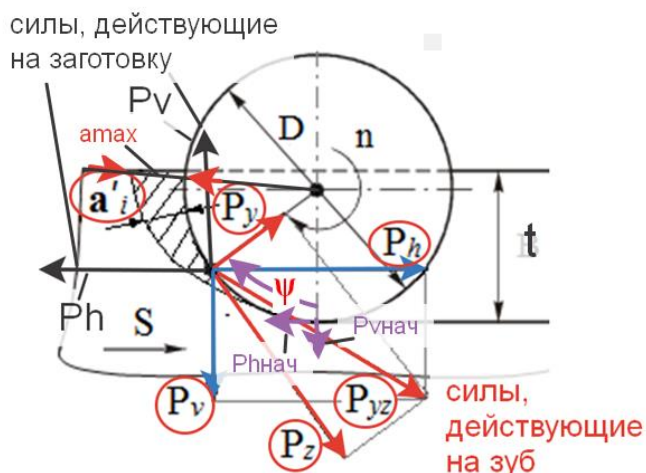


Рисунок 2. Схема действия составляющих силы резания при несимметричном встречном концевом фрезеровании

Для определения оптимальной геометрии фрезы необходимо знать силы, действующие на зуб фрезы, в зависимости от угла подъёма винтовой канавки ω и переднего угла γ в зависимости от толщины среза a .

При фрезеровании из-за поворота фрезы толщина среза меняется. При встречном фрезеровании она изменяется от нуля при врезании зуба фрезы ($a_i = 0$ мм) до наибольшего значения при выходе зуба фрезы ($a_i = a_{\max}$) (рис. 2).

При фрезеровании изменяется не только величина составляющих P_z и P_y силы резания, действующих на зуб фрезы, но и их направление (рис. 2). В начальный момент при врезании зуба на заготовку действуют силы $P_{h\text{нач}}$ и $P_{v\text{нач}}$, а при дальнейшем повороте зуба у силы $P_{v\text{нач}}$ изменяется её направление на $P_{v\text{и}}$. Поэтому большой проблемой является измерение составляющих P_z и P_y силы резания, т.к. с помощью динамометра, на котором закрепляется заготовка, можно измерять только

составляющие P_h и P_v силы резания, действующие вдоль продольной подачи s (мм/мин) и перпендикулярно ей соответственно.

При фрезеровании торцевой фрезой с одним зубом с углом наклона главной режущей кромки $\varphi = 45^\circ$ в условиях, когда ширина фрезерования B равна диаметру фрезы D , можно измерить при врезании $P_v = P_y$ и $P_h = P_z$, а при выходе зуба из контакта с заготовкой $P_v = P_z$ и $P_h = P_y$ (рис. 3 а).

Фрезерование торцевой фрезой с $\varphi=45^\circ$ (а) и точение резцом с $\varphi=45^\circ$ (б)

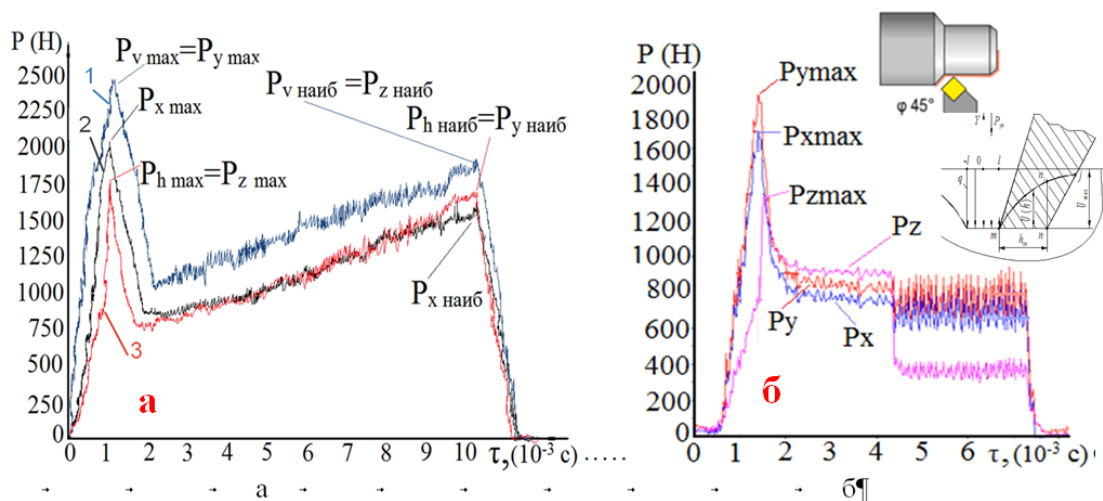


Рисунок 3. Графики изменения составляющих силы резания при торцовом фрезеровании (а) и при моделировании врезания зуба фрезы с использованием токарного резца (б). Ордината – составляющие силы резания (Н), абсцисса – время обработки τ (с).

а — при торцовом фрезеровании фрезой с одним зубом с углом наклона главной режущей кромки $\varphi = 45^\circ$, 1 – P_v , 2 – P_x , 3 – P_h ;

б — при точении резцом с врезанием в коническую поверхность, оставленную после предыдущей обработки резцом с углом в плане $\varphi = 45^\circ$, $s = 0,07$ мм/об, $v = 120$ м/мин, $t = 1,8$ мм, длина фаски износа по задней поверхности $h_3 = 0,95$ мм

Эксперименты показали, что в момент врезания зуба фрезы происходит сначала быстрое увеличение сил (рис. 3 а), но после начала образования стружки эти силы быстро уменьшаются, а затем начинают увеличиваться из-за увеличения толщины среза a_i , которая может быть рассчитана по формуле:

$$a_i = a'_i \cdot \sin \psi_i = s_z \cdot \sin \varphi \cdot \sin \psi_i, \quad (1)$$

где a'_i – проекция толщины среза на виде сверху;

s_z – подача на зуб;

φ – главный угол в плане (рис. 4);

ψ_i – центральный угол поворота фрезы от начальной точки врезания зуба до рассматриваемого положения зуба.

Наибольшая сила будет соответствовать наибольшей толщине среза a_{max} , рассчитываемой по формуле:

$$a_{max} = \frac{B}{D} \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{B}{D}} \quad (2)$$

где B – ширина фрезерования при торцовом фрезеровании (рис. 4);
 D – диаметр фрезы.

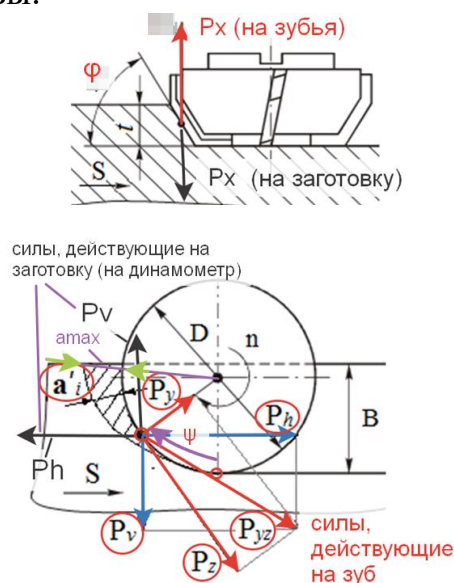


Рисунок 4. Схема действия составляющих силы резания при несимметричном встречном торцовом фрезеровании

Для моделирования врезания зуба фрезы выполнялась обточка прутка с врезанием в коническую поверхность, оставшуюся от предыдущей обработки (рис. 3 б), которая показала аналогичный характер изменения сил резания, но без увеличения сил после наступления установившегося резания, т.к. при продольном точении прутка толщина среза не изменяется: $a = s \cdot \sin\phi = \text{const}$.

Кратковременное увеличение сил при врезании объясняется нами как результат вдавливания слоя металла под режущую кромку инструмента. Радиус округления режущей кромки даже у остро заточенного инструмента $\rho = 5-1$ мкм, который зависит от зернистости инструментального материала [2].

При концевом фрезеровании понятие «глубина резания» изменяет своё определение и измеряется перпендикулярно оси фрезы (рис. 2). Уравнения (1) и (2) также изменятся на (3) и (4) с учётом того, что при

фрезеровании концевой фрезой главный угол в плане φ равен 90° , следовательно $\sin\varphi = \sin 90^\circ = 1$:

$$a_i = s_z \cdot \sin \psi_i, \quad (3)$$

$$a_{max} \approx S_z \cdot 2 \cdot \sqrt{\frac{t}{d}} \quad (4)$$

где t – глубина резания (рис. 2).

При фрезеровании концевой фрезой из-за небольшой жёсткости (малый диаметр D при достаточно большом вылете l из цанги (рис. 5)) необходимо уменьшить глубину резания. В наших стойкостных испытаниях для уменьшения расхода обрабатываемого материала применялась глубина резания $t = 1$ мм, что при диаметре фрезы больше 16 мм даёт нам право говорить о том, что составляющая P_h , измеряемая динамометром, будет приблизительно равна P_z , а P_v – приблизительно равна P_y (рис. 5).

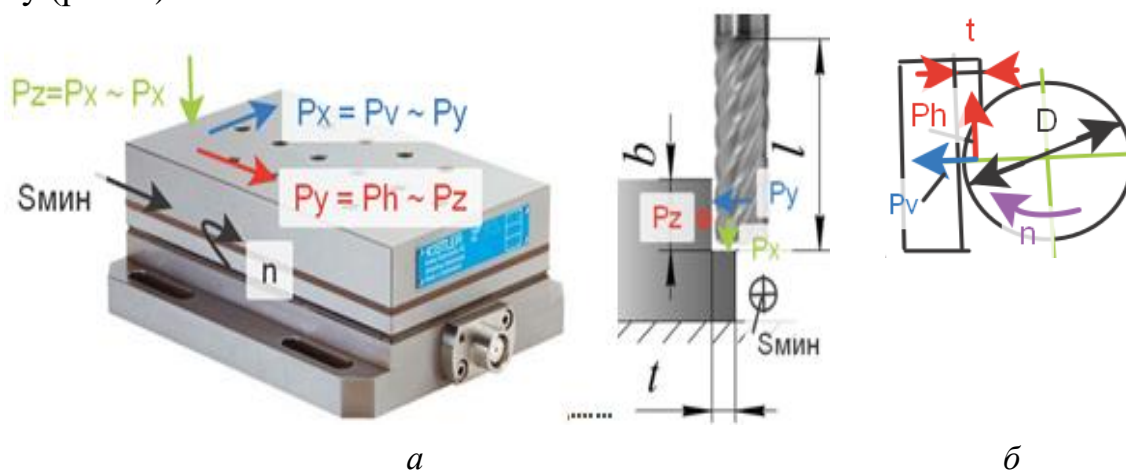


Рисунок 5. Схема действия составляющих силы резания при концевом фрезеровании с небольшой глубиной резания t . а – направления сил, фиксируемых динамометром; б – направления действия сил на заготовку от фрезы на виде сбоку; в – направления действия сил от фрезы на заготовку (на динамометр) на виде сверху

Для экспериментов использовался динамометр Kistler (рис. 5), в программном обеспечении DynoWare которого сила, действующая вертикально, показывается на мониторе как P_z , хотя для концевой фрезерования это P_x ; сила, действующая вдоль направления поперечной подачи (т.е. вдоль динамометра) показывается как P_y , хотя для фрезерования это P_h ; сила, действующая поперёк подачи показывается как P_x , хотя для фрезерования это P_v .

С учётом малой глубины резания t принимаем, что $P_z = P_h$, $P_y = P_v$, $P_x = P_x$ (рис. 5).

В ходе экспериментов фиксировались зависимости составляющих P_z , P_y и P_x силы резания и длина фаски износа h_z по задней поверхности от времени обработки (рис. 6), что позволило выделить силы P_z п, P_y п и P_x п на передней поверхности и на фаске износа P_z h, P_y h и P_x h.

По технологическим силам P_z п, P_y п и P_x п на передней поверхности и переднему углу γ зубьев фрезы рассчитывались физические составляющие силы резания на передней поверхности: нормальная N и касательная F , которые затем использовались для построения эпюр контактных напряжений [2].

Составляющие P_z h, P_y h и P_x h использовались для построения эпюр контактных напряжений на фаске задней поверхности зубьев концевой фрезы [3].

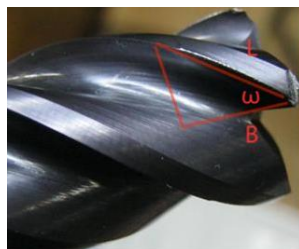


Рисунок 6. Износ твёрдосплавной фрезы по задней поверхности и вершинам

В зависимости от угла наклона винтовой канавки ω (рис. 6) будут изменяться и силы резания. В работе Филиппова А.В. [4] рассмотрено влияние угла наклона главной режущей кромки λ при брющем точении на составляющие силы резания (рис. 7), что может соответствовать влиянию угла ω , т.к. они работают в схожих условиях. В этой работе угол λ изменялся от -60° до -30° , а в работе [5] рассмотрено влияние на силы угла наклона винтовой канавки ω от -25° до 0° (рис. 8).

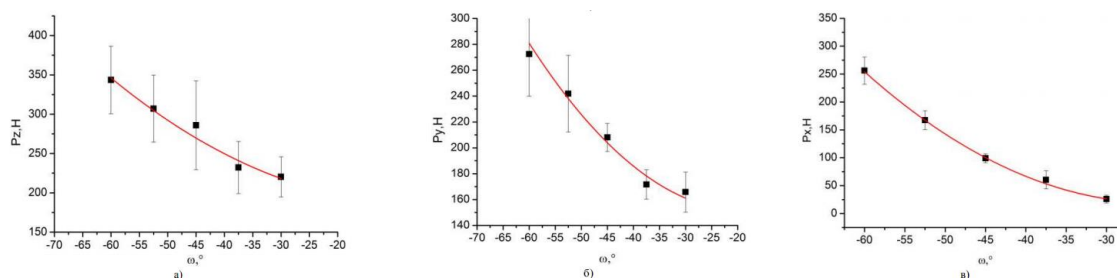


Рисунок 7. Влияние угла наклона лезвия на составляющие силы резания при бреющем точении а) P_z , б) P_y , в) P_x [4]

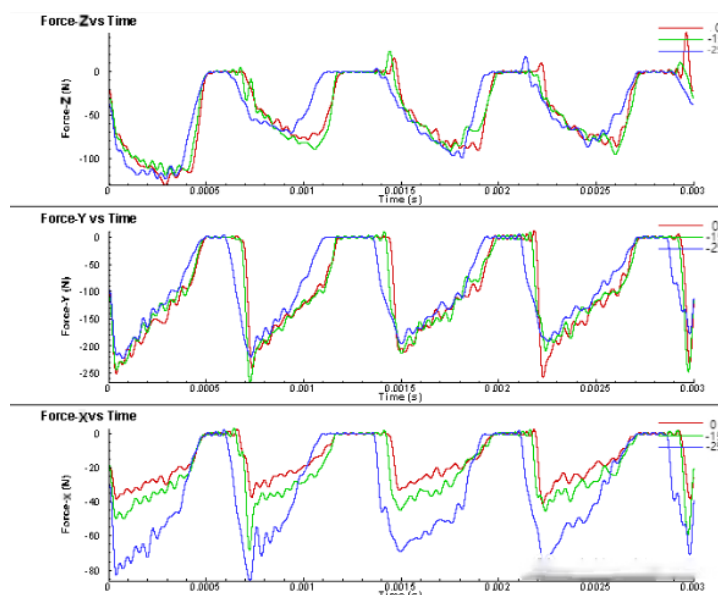


Рисунок 8. Влияние угла подъёма винтовой канавки фрезы ω на составляющие силы резания в зависимости от времени работы [5]

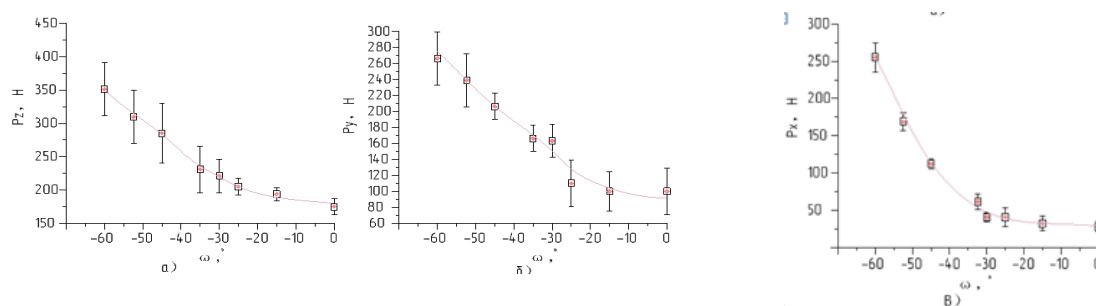


Рисунок 9. Влияние угла наклона лезвия на составляющие силы резания при бреющем точении а) P_z , б) P_y , в) P_x

Контактные напряжения прикладывались к модели фрезы и рассчитывалось напряжённо-деформированное состояние (НДС) фрезы.

Анализ НДС при разных подачах и геометрии фрезы позволил определить её рациональные параметры и режимы резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кожевников Д. В., Гречишников В. Л., Кирсанов С. В., Кокарев В. И., Схиртладзе А. Г. Режущий инструмент: Учебник для вузов / Под редакцией С. В. Кирсанова. - 2-е изд. доп. М.: Машиностроение, 2005. - 528 с: ил.
2. Чэнь Юэчжоу. Расчёт эпюр контактных напряжений при обработке стали / Чэнь Юэчжоу, Чжан Цзяюй, В. Н. Козлов; науч. рук. В. Н. Козлов // Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов сборник докладов X Всероссийской научно-практической конференции, Томск, 22-24 апреля 2020 г.: / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) . — Томск : Изд-во ТПУ , 2020 . — [С. 243-250] .
3. Kozlov V. N., Zhang J., Zhang J., Guo Y., Sabavath S. K. Research of Contact Stresses Distribution on Plunge-Cutting into a Steel Workpiece [Electronic resource] / V. N. Kozlov [et al.] // Key Engineering Materials : Scientific Journal. — 2018. — Vol. 769 : High Technology: Research and Applications (HTRA 2017). — [284-289].
4. Филиппов А.В. Повышение точности обработки нежестких валов путём оптимизации параметров бреющего точения, 2015. С. 152-153.
5. https://xueshu.baidu.com/usercenter/paper/show?paperid=55131a0fada758676358e307b35498f8&site=xueshu_se.

Юсеф Али (Сирия)

Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", г. Москва

Научный руководитель: Шварцбург Леонид Эфраимович, д.т.н. проф.

МИНИМИЗАЦИЯ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ОПАСНОСТЕЙ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ЭНЕРГИИ

Аннотация.

В статье рассмотрены основные аспекты воздействия потребляемой при реализации технологических процессов энергии на окружающую среду и человека. Выделены особенности функционирования энергетических предприятий и обоснованы формы негативного воздействия выделяемой энергии на природную среду и человеческий организм. Опи-

саны основы снижения и экономного использования потребляемой энергии, которые служат эффективным способом защиты человека и окружающей среды от негативного воздействия.

Ключевые слова: технологические процессы, загрязнение, окружающая среда, человек, энергетика.

В современное время энергетика занимает ведущее место в структуре основных отраслей жизнедеятельности населения, поскольку обеспечивает человечество базовыми потребительскими нуждами – электричеством, водой, теплоснабжением и др. Энергетика характеризуется как область, в которой распределяются и используются энергетические ресурсы всех видов. Конечной целью является обеспечение производства энергией посредством преобразования первичной (природной) энергии во вторичную энергию (электрическую, тепловую и т.д.). Однако технологические процессы, активно применяющиеся в энергетических производствах, оказывают существенно негативное воздействие на окружающую среду и человека, что вызывает разрушительные процессы внутри человеческого организма и природной среды. Вследствие этого возникает необходимость в обеспечении защиты от данного воздействия.

На сегодняшний день в российских городах распространены многообразные источники энергии, которые по большей части представлены в виде электростанций. Наряду с этим, в стране широко представлены такие виды энергии, как: тепловая энергия, атомная энергия, солнечная энергия, гидроэнергия и др. (рис. 1) [9]. Суммарно данные энергетические источники вырабатывают более 95% энергии, используемой практически во всем мире. Следовательно, воздействие энергетических производств на окружающую среду и человека имеет сравнительно высокий уровень, поскольку затрагивает все природные подсистемы и сферы жизнедеятельности.

Доли источников энергии в России на 2019 г., %



Рисунок 1. Основные источники энергии в России на 2019 г., %

В соответствии со статистическими данными об используемых источниках энергии в российской энергетике, можно отметить, что по большей части в рамках энергетических производств применяют не возобновляемые природные ресурсы, что уже свидетельствует о наличии потенциальных рисков разрушения окружающей среды.

Негативное воздействие энергии, реализуемой в технологических процессах производства, отражается не только на окружающей природной среде, но и непосредственно на человечестве. Существует множество различных форм данного воздействия как на окружающую среду, так и на человека, вследствие чего появляется необходимость выделения основных видов этого негативного влияния.

Ключевыми формами негативного воздействия энергетики на окружающую среду являются следующие:

Активное использование не возобновляемых природных ресурсов в энергетическом производстве. В технологических процессах энергетики часто применяют множество природных ресурсов, которые существенно ограничены в своем роде и не подлежат возобновлению. В основном к ним относятся полезные ископаемые (нефть, каменный уголь, газ, торф и др.), которые не имеют возможности восстанавливаться в природе. В результате постоянного использования такого рода природных ресурсов происходит значительное истощение окружающей среды [1].

Загрязнение атмосферы. Является наиболее распространенным и встречается практически во всех российских городах. В процессе энергетических производств наблюдаются периодические выбросы загрязняющих веществ в воздух, которые накапливаются в природной среде и приводят к многочисленным критическим ситуациям и негативным явлениям, проявляющимся в качестве парникового эффекта, загрязненно-

го пылью и газами воздуха и др. Всё это отражается на общем состоянии окружающей среды, которая в значительной степени страдает от подобных явлений. Согласно статистическим данным, в 2020 г. случаи загрязнения атмосферы в России значительно превысили рекорды прошлых лет (рис. 2) [4].

ЧИСЛО ВЫСОКИХ И ЭКСТРЕМАЛЬНО ВЫСОКИХ ЗАГРЯЗНЕНИЙ АТМОСФЕРЫ В РЕГИОНАХ РОССИИ

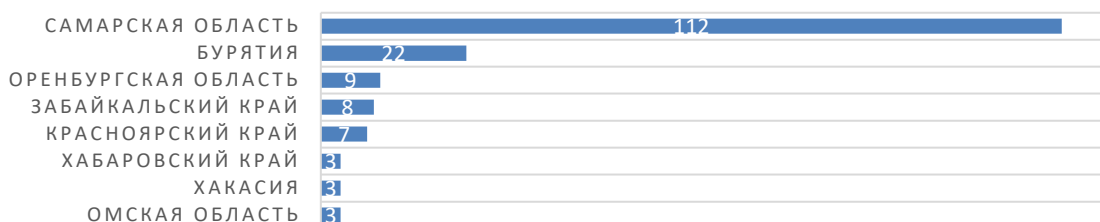


Рисунок 2. Загрязнения атмосферы в регионах России за 2020 г.

Загрязнение гидросферы. В результате энергетического производства постоянно выделяются отходы, которые зачастую сбрасываются в водную среду. В водоемах накапливаются загрязняющие вещества, являющиеся вредными для человека и животных. В некоторых случаях такие загрязнения могут приводить к плачевным последствиям, проявляющимся в качестве вымирания определенных биологических видов рыб, водорослей и др. Кроме того, загрязнение гидросферы может приводить к изменению гидрологического режима рек гидроэлектростанциями, что в результате провоцирует распространение загрязнения на территории водотока.

Загрязнение литосферы. Возникающие отходы в энергетическом производстве зачастую транспортируют в удаленные места, в которых проводится их захоронение. Несомненно, разложение таких отходов длится множество десятков лет, в течение которых от них выделяются ядовитые пары и газы в атмосферу и почву. От этого страдают многие территориальные участки земли, которые становятся не пригодными для размещения естественных природных ресурсов. Данное загрязнение может приводить к опустыниванию огромных гектаров земли.

Загрязнение радиоактивными и токсичными отходами. В ходе некоторых технологических процессов атомной энергетики происходит выброс токсичных и радиоактивных отходов, которые сохраняются в природной среде на длительное время и разрушают все биологические

подсистемы, поскольку оказывают отрицательное влияние на все живые объекты.

Распространение электромагнитных полей вокруг линий электропередач. Электромагнитная энергия оказывает воздействие на всю природную среду, включая все биологические системы и подсистемы. В первую очередь, загрязняется вода, изменяются её свойства и происходят функциональные нарушения. Электромагнитное излучение замедляет регенерацию тканей растений и животных, приводит к снижению выживаемости и повышению смертности. Вместе с этим данное излучение способствует развитию мутационных заболеваний [2].

В соответствии с вышеперечисленными формами негативного воздействия технологических процессов энергетических производств на окружающую среду, можно заключить, что широкое применение энергетики отражается на всех природных объектах без исключения. Буквально все биологические системы и подсистемы находятся под угрозой вымирания и разрушения.

Следует отметить, что наиболее негативное воздействие от энергии, реализуемой в ходе технологических процессов, получает человек. Это обосновано тем, что именно люди являются главными субъектами пользования энергетическими ресурсами. Наряду с этим, многие люди выполняют трудовую деятельность на производственных энергетических объектах, в результате чего получают не менее существенное влияние на собственный организм.

В результате непрерывного функционирования предприятий и энергетических производств, выделяемая энергия оказывает негативное воздействие на человеческий организм в разных формах, основными из которых являются следующие:

Повышение смертности. Люди, проживающие в промышленных городах, имеют сравнительно низкую продолжительность жизни, что обусловлено, прежде всего, загрязнением атмосферы. В результате проживания в таких местностях, загрязненных вредными и ядовитыми веществами, человеческий организм довольно быстро стареет. По текущим оценкам Всемирной Организации Здравоохранения (ВОЗ), 80% жителей городов мира дышат воздухом, где концентрация вредных веществ превышает установленные организацией нормы. В связи с этим средняя продолжительность жизни человека сокращается на примерно 9-11 лет[8].

Повышение заболеваемости. В связи с широким распространением загрязнений в рамках энергетических производств, у населения повышается уровень заболеваемости. Это затрагивает практически все системы органов и проявляется в качестве следующих заболеваний: пато-

логические болезни, нарушения системы кровообращения, болезни нервной системы и органов чувств, психические расстройства, нарушения дыхательной и пищеварительной системы, болезни кожи и др. На рисунке 3 представлены статистические данные на 2020 г. по наиболее распространенным заболеваниям, которые были спровоцированы загрязнением[5].

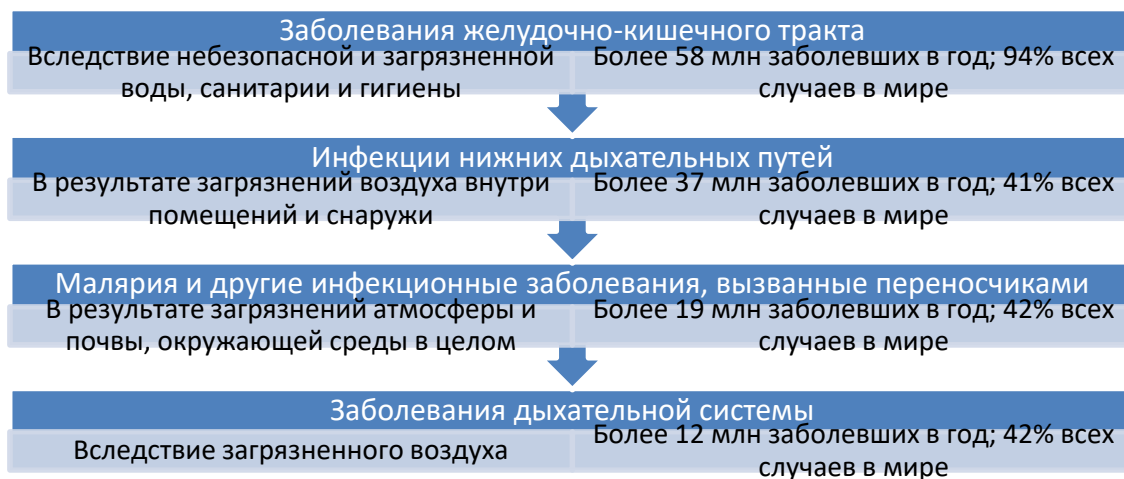


Рисунок 3. Распространенные заболевания, связанные с загрязнением окружающей среды

Развитие мутации, генетические заболевания. На сегодняшний день особенно распространенными источниками энергии являются атомные станции, которые периодически выбрасывают отходы в атмосферу, гидросферу и литосферу. Вся природная среда оказывается под воздействием ядовитых и радиоактивных веществ, которые влияют и на человеческий организм, оказывая токсичное действие на здоровье. Одним из тяжелых последствий такого воздействия является развитие мутации и проявление генетических заболеваний у детей.

Хроническое отравление. При систематическом или периодическом поступлении в человеческий организм сравнительно незначительных количеств вредных веществ происходит хроническое отравление. Оно проявляется в нарушении нормального поведения человека, быстром утомлении и постоянной усталости, сонливости, апатии, рассеянности и др. Человек становится совершенно неактивным, что приводит к многочисленным нарушениям в психической и физической форме [3].

Тем самым, можно заключить, что в результате негативного воздействия выделяемой энергии в ходе технологических процессов человеческий организм получает значительное истощение, которое может приводить к непоправимым тяжелым последствиям.

Наряду с этим, энергетическое производство может быть представлено геополитическими и социальными угрозами, что в первую очередь связано с неравномерностью распределения энергоресурсов на Земле, которая нередко воспринимается как несправедливость не только частью обывателей энергодефицитных стран, но и некоторыми политическими государственными деятелями [5]. Это может являться основой конфликтов на государственном и даже мировом уровне.

С целью восстановления природного баланса и обеспечения безопасности населения от негативного воздействия производств энергии требуется разработка и реализация методов защиты от энергетических производственных процессов. Наиболее эффективным и действенным способом является снижение и экономное использование производимой энергии.

Экономное использование энергии становится возможным при реализации следующих аспектов:

- применение ресурсосберегающих и энергосберегающих технологий в производствах, что существенно снизит использование природных ресурсов и материалов в технологических процессах производства энергии;

- сокращение потребления энергетических ресурсов человечеством, проявляемое в качестве экономии топлива, электричества и других форм энергии;

- рациональное пользование энергетическими ресурсами;

- снижение числа энергетических предприятий, не производящих значительных энергетических ресурсов, но тратящих существенное количество природных материалов и осуществляющих выбросы в окружающую среду;

- переход энергетических предприятий на более современные и экологические способы получения энергии (использование солнечной и ветровой энергии, применение термальной энергии океана, энергии приливов, отливов и волн, геотермальной энергии и др.) [6].

Тем самым, экономное использование реализуемой энергии в ходе технологических процессов является наиболее целесообразным методом восстановления и сохранения окружающей среды. Его эффективность имеет прямую зависимость от соблюдения ряда принципов, которые представлены на рисунке 4.



Рисунок 4. Ключевые принципы экономного использования энергетических ресурсов

Подводя итоги, следует отметить, что в современное время энергетическое производство является одной из распространенных форм деятельности человека, которая оказывает существенное негативное воздействие на окружающую среду и население всего мира. Данное воздействие обосновано многочисленными выбросами загрязняющих веществ в природную среду, что приводит к разрушению биологических систем и подсистем, вымиранию живых организмов и растений. С целью восстановления и сохранения природной среды, а также обеспечения безопасности человечества применяется оптимальный способ, который заключается в снижении и экономном использовании энергии, получаемой в ходе технологических процессов. Таким образом, именно экономия энергии позволит избежать проблем и плачевных последствий, связанных с нарушениями в окружающей среде и человеческих организмах.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Грачев В.А., Плямина О.В. Глобальные экологические проблемы, экологическая безопасность и экологическая эффективность энергетики // Век глобализации, 2017. – 255 с.
2. Калимуллина Д.Д., Гафуров А.М. Влияние атомных электростанций на окружающую среду // Инновационная наука, 2016. – 290 с.
3. Крашенников М.А., Хасанов З.Н. Экологическая политика в энергетике // Известия высших учебных заведений. Проблемы энергетики, 2008. – 288 с.
4. Кузнецова Е. В России поставлен рекорд по загрязнению воздуха за 16 лет [Электронный ресурс] // РБК, 2020. – Режим доступа. URL:<https://www.rbc.ru/society/17/11/2020/5fb26d119a7947780c13f546>

5. Профилактика болезней с помощью поддержания здоровой окружающей среды - к оценке бремени болезней, вызываемых окружающей средой [Электронный ресурс] // ВОЗ, 2006. – Режим доступа. URL: <https://www.who.int/mediacentre/news/releases/2006/pr32/ru/>
6. Соколова Н.А. Международная энергетическая безопасность: экологические аспекты // LexRussica, 2014. – 312 с.
7. Фараххова И.Ш. Техногенное воздействие, оказываемое электроэнергетической отраслью на окружающую среду // Наука, техника и образование, 2017. – 344 с.
8. Экологи выяснили, на сколько лет загрязнение воздуха сокращает жизнь людей [Электронный ресурс] // РИА Новости, 2017. – Режим доступа. URL: <https://ria.ru/20170703/1497716795.html>
9. Энергетика России [Электронный ресурс]. – Режим доступа. URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Энергетика_России

Юсеф Фарах (Сирия)

Московский государственный технологический университет "СТАНКИН", г. Москва

Научный руководитель: Сосенушкин Сергей Евгеньевич, к.т.н., доцент

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ БЕСПРОВОДНЫХ СЕНСОРНЫХ СЕТЕЙ НА ОСНОВЕ ПРОТОКОЛА IEEE 802.15.4/ZIGBEE

Введение

В настоящее время беспроводные сенсорные сети (далее – БСС) считаются одной из наиболее перспективных современных технологий в области беспроводной связи для встраиваемых систем, где БСС поддерживают большое количество областей применения и промышленных приложений и привлекают большое внимание исследователей. Существует множество стандартных протоколов связи БСС, например, Wi-Fi, Bluetooth, Wi-Max, wireless HART, ZigBee и др. В данной статье будут рассмотрены возможности проектирования и исследования БСС на основе протокола IEEE802.15.4/ZigBee для мониторинга состояния производственного оборудования (3D-принтер) в небольшом промышленном цехе, а также представлена модель сенсорной сети в среде OMNeT++ с различными сценариями работы. Будет представлен анализ полученных

численных результатов моделирования энергопотребления для оценки эффективности построенной сети.

Беспроводные сенсорные сети на базе протокола IEEE 802.15.4/ZigBee

Стандарт 802.15.4 является частью семейства стандартов IEEE для физических и канальных уровней беспроводных персональных сетей (WPAN). Рабочая группа IEEE по WPAN сосредоточена на беспроводных каналах малого радиуса действия. Основное внимание в IEEE 802.15.4 уделяется обеспечению WPAN с низкой скоростью передачи данных (0,01–250 кбит/с) с простым или нулевым качеством обслуживания (QoS), низкой сложностью и строгими требованиями к энергопотреблению. Стандарт 802.15.4 различает полнофункциональное устройство (FFD) и устройство с ограниченными функциями (RFD), предназначенное для использования в простейших устройствах. Верхние уровни стека протоколов определяются Альянсом ZigBee. Эти уровни соответствуют Прикладному уровню (Application Layer – далее APL) и Сетевому уровню (Network Layer – далее NWL) [1]. IEEE 802.15.4 поддерживает два физических варианта. РЧУ 868/915 МГц, известный как нижняя полоса, использует двоичную фазовую манипуляцию (BPSK), в то время как РЧУ 2,4 ГГц (верхняя полоса) использует смещенную квадратурную фазовую манипуляцию (OQPSK). Уровень MAC обеспечивает функцию спящего режима, основанную на суперкарах, ограниченных маяками. Эта функция доступна только в синхронизированной сети. Подуровень доступа к среде передачи (Media Access Control – далее MAC) управляет доступом к радиоканалу, используя метод CSMA/CA. Он также отвечает за передачу маячковых фреймов, синхронизацию и обеспечение надежных методов передачи информации [6]. Сетевой уровень ZigBee (NWK) предлагает услуги для устройств, которые присоединяются и покидают сеть, обнаруживают и поддерживают маршруты между устройствами для одноадресных, многоадресных или широковещательных пакетов и гарантируют безопасность фреймов данных на сетевом уровне [1]. В ZigBee имеются три типа устройств: координатор; маршрутизатор и конечное устройство. Уровень NWK координатора отвечает за организацию новой сети, когда это нужно и назначение адресов новым устройствам, подключаемым к сети. Топология сети ZigBee поддерживается уровнем NWK и может иметь форму звезды, дерева или ячеистой сети [6]. Наконец, уровень структуры приложения ZigBee (Application Framework Layer – далее AF) определяет потенциальные услуги устройства в соответствии с заданным профилем AF. Каждый одобренный профиль ZigBee Alliance описывает форматы сообщений и параметры конфигурации сети, необходимые для успеш-

ного взаимодействия устройств, представляющих аналогичный интерес [1].

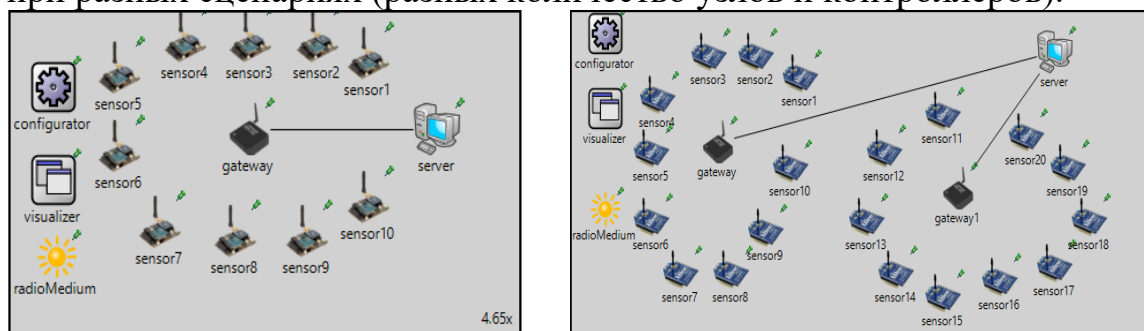
Проектирование беспроводной сенсорной сети

Обратимся к разработке и исследованию методов обеспечения эффективности беспроводных сенсорных сетей на примере БСС, образованной 50 сенсорными узлами, произвольно развернутыми на площади 100 м² для наблюдения состояния производственного оборудования (например, одного или нескольких 3D-принтеров). На каждой единице оборудования установлено множество сенсоров для измерения различных эксплуатационных параметров в процессе работы, таких, как температура, давление, ускорение, уровень шума и вращение, а также обнаружение объекта. Выбранные параметры являются наиболее важными для наблюдения состояния 3D-принтера модель MakerBot Replicator 2X, подходящего для небольших предприятий. Разработанная сенсорная сеть должна соответствовать следующим требованиям: низкая стоимость; низкое энергопотребление для устройств БСС; подключение большого количества узлов с низкой скоростью передачи данных.

Существует множество стандартов БСС, которые поддерживают промышленное применение, автоматизированную систему управления и мониторинг на небольших предприятиях. Самые распространённые стандарты, которые широко применяются: Wi-Fi, ZigBee, 6LoWPAN и Bluetooth. Стандарты различаются характеристиками, такими, как частотный диапазон, срок работы батареи, дальность связи, скорость передачи, цена, максимальное число узлов в сети, технологии и область применения и др. Рассматривая характеристики таких стандартов и сравнивая их параметры на основе табл. 3 в [3], табл. 2.18 в [7] предлагается использовать протокол IEEE 802.15.4/ZigBee для достижения цели нашей работы. Кроме того, потребуется также определение подходящей архитектуры сети (оптимальное количество сенсорных узлов и контроллеров, необходимых для осуществления требований). Для оценки эффективности предлагаемого решения, разрабатываем имитационную модель сенсорной сети в среде OMNeT++, которая является популярной платформой моделирования, особенно подходящей для моделирования сетей связи. OMNeT++ позволяет моделировать сети на основе стандарта IEEE 802.15.4, который соответствует нижним уровням ZigBee (MAC и PHY), вышестоящие уровни требуют отдельной реализации, но выходят за рамки данного исследования. Таким образом, нами использован стандарт IEEE 802.15.4 с добавлением некоторых настроек и параметров для эмуляции протокола БСС ZigBee.

Эксперименты и параметры моделирования

Модель БСС построена в среде OMNeT++ в рамках фреймворка INET. Модель включает в себя несколько сенсорных узлов, один или несколько контроллеров, а также сервер. Сенсорные узлы предназначены для сбора данных о состоянии оборудования. Сенсорные узлы отправляют данные в контроллер (шлюз), который в свою очередь пересылает пакеты данных в сервер по протоколу IP. На рис.1 представлены конфигурации моделей, использованные при проведении эксперимента при разных сценариях (разных количество узлов и контроллеров).



а

б

Рисунок 1. Модели БСС в среде OMNeT++: а) Модель БСС с 10-ми узлами и одним контроллером; б) Модель БСС с 20-ми узлами и двумя контроллерами

Параметры моделирования

1. Сценарии работы. В целях обеспечения соответствия требованиям, описанным выше, рассмотрим различные сценарии работы сети для оптимизации распределения сенсорных узлов и контроллеров. Представим два основных сценария:

а) Звездообразная топология, один координатор и N сенсорных узлов подключены к нему. Здесь зафиксируем количество контроллеров и меняем количество сенсоров, затем вычисляем энергопотребление.

б) Звездообразная топология, N контроллеров и N сенсорных узлов (несколько сенсоров подключены к нескольким контроллерам). Здесь меняем количество контроллеров и количество сенсоров, затем вычисляем энергопотребление.

2. Топология сети и маршрутизация. Мы оцениваем эффективность протокола IEEE 802.15.4 в звездообразной топологии, когда узлы передают данные непосредственно контроллеру. Фреймворк INET не имеет моделей протоколов маршрутизации БСС (таких как Collection Tree Protocol), поэтому мы используем IPv4 и статическую маршрутизацию.

3. Радиомодуль. Используется радиомодуль Ieee802154 Narrowband Scalar Radio, значения параметров конфигурации установлены по умолчанию в соответствии со стандартом IEEE 802.15.4.

4. MAC протокол. Представленный в фреймворке INET протокол IEEE 802154 MAC является параметризованной версией общей модели протокола CSMA/CA с поддержкой ACK.

5. Размер сообщения. Каждый сенсорный узел будет посылать UDP-пакет с 10-байтовой полезной нагрузкой (данные о температуре, давлении и т.п.) контроллеру каждую секунду со случайным временем запуска около 1 секунды. Контроллер также будет посылать один 10-байтовый пакет UDP в секунду. Пакеты будут иметь 8-байтовый UDP-заголовок и 20-байтовый IPv4-заголовок, поэтому на уровне MAC они будут составлять 38 байт. Пакеты будут маршрутизироваться через контроллер.

Результаты моделирования

Моделирование будет выполняться в течение 100 секунд для получения более плавных результатов. В результате моделирования, получен график (представлен на рис.2), где оцениваем эффективности протокола путем анализа значения энергопотребления при разных сценариях работы (определённое количество узлов (до 50-ти) и количества контроллеров (1,2,5 и 10)).

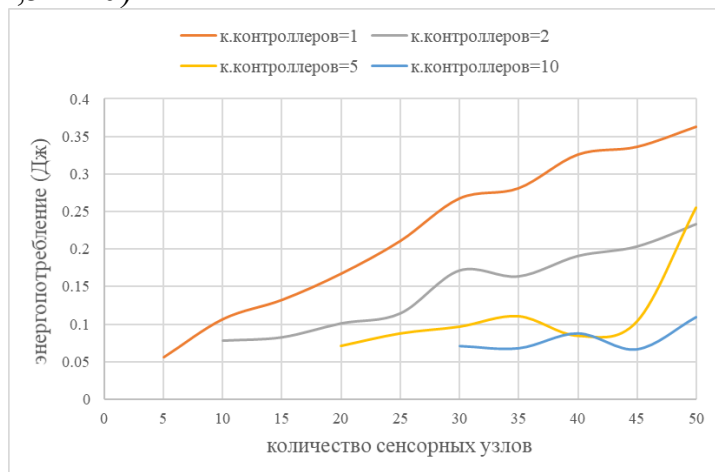


Рисунок 2. График энергопотребления при моделировании разных сценариях

На рис.2 представлен график энергопотребления (значения в Джоулях) в зависимости от количества узлов и контроллеров. Из графика заметим, что при количестве контроллеров равным 1, значение энергопотребления увеличивается с увеличением количества узлов, но при увеличении количества контроллеров до 2, 5 и 10, уменьшается значение энергопотребления. Таким образом, есть обратная зависимость между количеством узлов и контроллеров. Следовательно, применительно к нашей ситуации можно считать, что существует возможность установить несколько оборудований в цехе, используя предлагаемый протокол и определённое количество узлов (50). Это будет эффективно

в случае, когда каждое оборудование имеет больше, чем 10 узлов, которые подключены к нескольким контроллерам.

Вывод

Мы привели в качестве примера симуляцию БСС на основе стандарта IEEE802.15.4/ZigBee для мониторинга состояния производственного оборудования (3D-принтер) в небольшом промышленном цехе с определённым количеством сенсоров в среде OMNeT++. Среда OMNeT++ дает возможность создания имитационных моделей для БСС с использованием готовых компонентов из состава фреймворка INET. Модель БСС построена и оценена при определённых параметрах и сценариях. Результаты моделирования показывают, что при проектировании БСС для небольшого предприятия использование стандарта IEEE802.15.4/ZigBee более эффективно при небольшом количестве сенсорных узлов (больше, чем 10) с несколькими контроллерами.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Chaari, L., & Kamoun, L. IEEE 802.15.4/Zigbee Performance Analysis for Real Time Applications Using OMNET++ Simulator. // Communications in Computer and Information Science. – 2011. – С. 54 – 68.
2. Pucci, R., Del Re, E., Boschetti, D., & Ronga, L. Performance evaluation of an IEEE802.15.4 standard based Wireless Sensor Network in Mars exploration scenario. // The Internet of Things. – 2010. – С. 349 – 358.
3. Alaoui Ismaili, I., Azyat, A., Raissouni, N., Ben Achhab, N., Chahboun, A., Lahraoua M. Comparative Study of ZigBee and 6LoWPAN Protocols: Review // Third International Conference on Computing and Wireless Communication Systems, ICCWCS. – 2019.
4. MAC Protocols for Wireless Sensor Networks // URL: <https://inet.omnetpp.org/docs/showcases/wireless/sensornetwork/doc/index.html> (дата обращения 15.01.2021).
5. IEEE 802.15.4 Smart Home// URL: <https://inet.omnetpp.org/docs/showcases/wireless/ieee802154/doc/index.html?highlight=sensor%20network%20showcases> (дата обращения 14.12.2020).
6. Промышленные сети и интерфейсы// URL: https://bookasutp.ru/Chapter2_11_2.aspx (дата обращения 09.03.2021).

7. Промышленные сети и интерфейсы// URL: https://bookasutp.ru/Chapter2_11_4.aspx#WirelessCompare (дата обращения 15.03.2021).

Ян Жун (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Леонов С.В., доцент

СИСТЕМА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ НА БАЗЕ SMT32

В 2020 году на Земле бушует новый тип коронавируса, и глобальная система здравоохранения и профилактики эпидемий пострадала от беспрецедентного воздействия. Наиболее очевидные симптомы нового коронавируса – это жар и кашель. Данные о температуре тела людей являются важной основой для суждений, а автоматическая система измерения температуры тела имеет большое значение для предотвращения инфекционных заболеваний, а также диагностики и лечения заболеваний инфицированных пациентов. Выбор процессора stm32 и датчика температуры DS18B20 позволяет быстро собирать информацию о температуре, а затем обрабатывать ее. По сравнению с традиционным методом измерения температуры тела, система измерения температуры тела на основе однокристального микрокомпьютера имеет следующие преимущества: небольшая погрешность, высокая скорость сбора данных и отсутствие требования сбора данных на близких расстояниях. Это имеет большое значение для профилактики и лечения инфекционных заболеваний.

Системные компоненты устройства: датчик, процессор, дисплей, схема кварцевого генератора, схема кнопки, цепь аварийной сигнализации и схема сброса. Рассмотрим каждый элемент подробнее.

Датчик. DS18B20 – это широко используемый цифровой датчик температуры. Его выходной сигнал представляет собой цифровой сигнал. Его основные характеристики: небольшой размер, небольшие затраты на оборудование, сильная помехоустойчивость и высокая точность.

Процессор. STM32F103C6 разработан STMicroelectronics Group с использованием высокопроизводительного ядра, рабочей частоты 72 МГц, последнего поколения процессоров с перехватом, с низкой стои-

мостью, низким энергопотреблением и высокими характеристиками производительности.

Дисплей. Этот экран представляет собой классический экран, основанный на протоколе связи spi, с высокой производительностью, простым интерфейсом, высокой скоростью.

Схема кварцевого генератора. Схема состоит из кварцевого генератора, микросхемы управления кварцевым генератором и конденсатора. Через определенную внешнюю цепь может генерироваться синусоидальная волна со стабильной частотой и пиковым значением. Когда однокристальный микрокомпьютер работает, ему нужен импульсный сигнал в качестве сигнала запуска для самостоятельного выполнения инструкций.

Схема кнопки. Модуль в основном предназначен для регулировки верхнего и нижнего пределов температуры. Функция управления или ввод данных устанавливается состоянием переключателя кнопок. Устанавливаются три кнопки, и соответствующие функции – «ОК», «Температура +», и «Температура -». В интерфейсе дисплея можно настроить верхний и нижний пределы температуры.

Цепь аварийной сигнализации. Этот модуль должен реализовывать сигнализацию, когда температура превышает установленные верхний и нижний пределы, и выбираются световой сигнал и зуммер.

Схема сброса. Сбросьте схему, нажав кнопку, схема возвращается в исходное состояние. Схема сброса будет работать в течение определенного периода времени после работы, чтобы предотвратить выдачу неправильных инструкций процессором и улучшить характеристики электромагнитной совместимости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ананд С., Китха, Манджари Р. К. Реализация на ПЛИС искусственной нейронной сети для обнаружения лесных пожаров в беспроводной сенсорной сети // 2-я Международная конференция по вычислительным и коммуникационным технологиям (ICCSST), 2017.
2. Рашид Б., Рехмани М. Применение беспроводных сенсорных сетей для городских территорий: обзор Network Comput. Appl., 2016. – № 60. – С. 192-219.
3. Малче Т., Махешвари П. Интернет вещей (IoT) для создания системы умного дома // Международная конференция по I-SMAC «Интернет вещей в социальных сетях, мобильных устройствах, аналитике и облаке», 2017. – С. 65-70.

4. Шургерс К., Циацис В., Ганеривал С., Шривастава М. Оптимизация сенсорных сетей в области проектирования энергии-задержки-плотности IEEE Transactions on Mobile Computing, 2002. – №1. – С. 70-80.

Ян Сяо (Китай), Бурлаченко Александр Геннадьевич (Россия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Буякова Светлана Петровна, д.т.н., профессор

ВЛИЯНИЕ СОДЕРЖАНИЯ КАРБИДА КРЕМНИЯ НА УПЛОТНЕНИЕ КОМПОЗИТОВ TiB₂ – SiC

The aim of this study was to investigate the effect of SiC additives on the sinterability and microstructure of TiB₂-based ceramics. The samples were fabricated by hot pressing method at 1800 °C. Due to the use of hot pressing, all samples reached a relative density of more than 90%. As far as TiB₂-SiC composites are concerned, no formation of new substances was found in the reaction. On the other hand, X-ray diffraction (XRD) patterns as well as microstructural observations showed that the reflection intensity of silicon carbide was lower when showing X-ray diffraction patterns of samples with SiC content up to 10 vol. %. In addition, the elastic modulus and microhardness of the TiB₂-SiC substances were elevated with the increase of SiC content.

Диборид титана (TiB₂) хорошо известен как материал с высокой прочностью, высокой температурой плавления, высокими твердостью и износостойкостью. В настоящее время композиты на основе TiB₂ нашли применение среди специализированных направлений в таких областях, как режущие инструменты, плавильные тигли и износостойкие покрытия, а также как материалы со структурной адаптацией к внешним воздействиям. Одним из важнейших и развивающихся направлений практического использования изделий из TiB₂ является химическая промышленность, в частности, электрохимическое восстановление глинозема до металлического алюминия.

Цель исследований – изучение влияния SiC на уплотнение при спекании композитов TiB₂ – SiC.

Исследования проводились на керамиках TiB₂-SiC с содержанием SiC - 0, 5, 10, 20 и 25 объёмн. %. Порошковые системы TiB₂ - SiC предварительно были подвергнуты механической обработке в планетарной

мельнице в течение 3 мин. Последующий синтез керамических материалов осуществлялся методом горячего прессования при температуре 1800 оС, давлении 40 МПа с изотермической выдержкой 10 мин. в атмосфере аргона.

Nano Hardness Tester позволил оценить твердость керамических композитов. Рентгенофлуоресцентный анализ (РФА) выполнен на рентгенофлуоресцентном аналитическом микроскопе XGT-7200 фирмы Horiba в лаборатории отделения геологии Инженерной школы природных ресурсов НИ ТПУ.

Наиболее высокие значения твердости (480 ГПа) и модуля упругости (874 ГПа) были получены для керамики состава TiB₂ - 25 об.% SiC. Для всех составов с добавлением карбида кремния наблюдается тенденция увеличения твердости и модуля упругости.

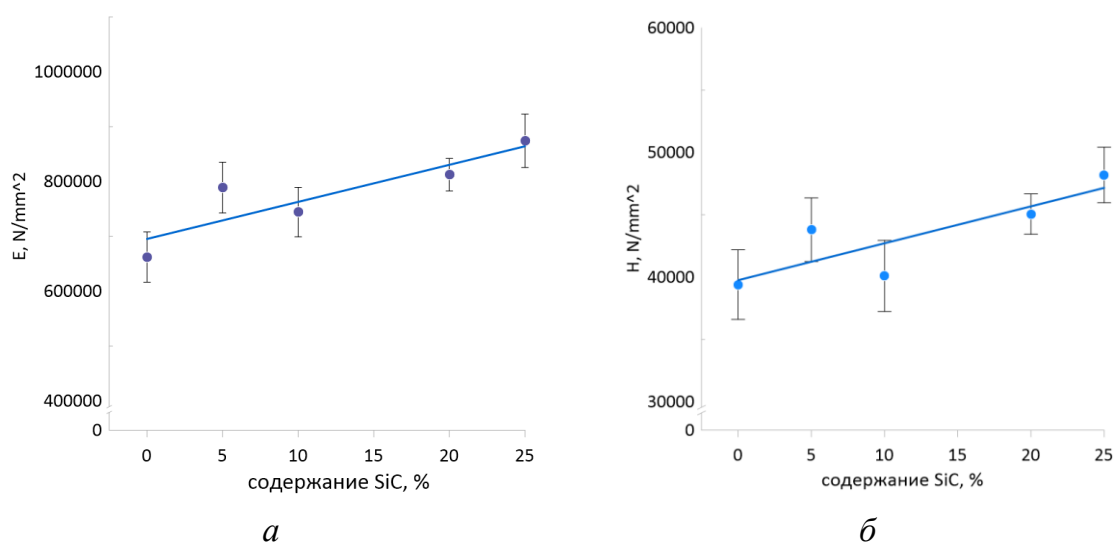


Рис. 1. Зависимости модуля упругости (а) и нанотвердости (б) керамических композиционных материалов TiB₂-SiC от содержания SiC

На рисунке 2 приведены данные по пористости композитов TiB₂-SiC. Согласно полученным данным добавление карбида кремния в состав композитов TiB₂ приводит к незначительному увеличению пористости.

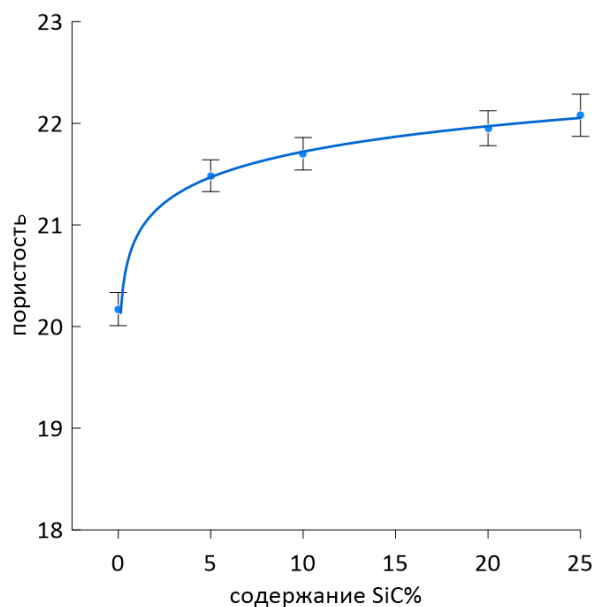


Рис. 2. Изменение пористости керамических материалов TiB2 от содержания SiC

Однако по мере увеличения содержания карбида кремния, добавляемого в состав композита TiB2, было отмечено наблюдать значительное улучшение свойств композита.

АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ **ЕСТЕСТВЕННЫХ НАУК**

А Дураиди Абдаллах Джехад (Иордания)

РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева, г. Москва

Научный руководитель: Цибизова Оксана Владимировна,
к.ф.н., старший преподаватель, и.о. зав.кафедрой

ЛЕЧЕНИЕ СТВОЛОВЫМИ КЛЕТКАМИ

Стволовые клетки являются относительно недавним медицинским открытием. Мы можем использовать их для лечения многих заболеваний в будущем, но насколько эффективны эти клетки? Может ли это действительно помочь устранить некоторые заболевания? Это то, что мы рассмотрим в нашей статье.

О стволовых клетках. Термин «стволовая клетка» был введён в 1908 году русским гематологом А. Максимовым на съезде гематологического общества в Берлине. Но в то время научный мир не знал характеристик этих клеток, пока в начале 1960-х годов канадские исследователи Эрнест Маккаллох и Джеймс Тилль не провели серию опытов, в которых использовались инъекции клеток костного мозга мышам. Экспериментаторы наблюдали образование комков вокруг селезенок подопытных мышей и предположили, что каждый комок был сформирован одной стволовой клеткой костного мозга [1].

Позже было установлено, что стволовые клетки являются неспециализированными клетками и считаются сырьем в организме, т.е. они могут переключаться на другие типы специализированных клеток, например, когда погибает определенное количество клеток крови, стволовые клетки превращаются в клетки крови и компенсируют уменьшение клеток крови. Данный факт привёл учёных к рассмотрению возможности лечения этими клетками некоторых серьёзных заболеваний.

Типы стволовых клеток. Стволовые клетки могут быть классифицированы в зависимости от источника их получения (от того, где они находятся). Выделяют следующие типы стволовых клеток:

эмбриональные: эти клетки образуются в первые недели после оплодотворения яйцеклетки, поэтому могут быть выявлены только на ранних стадиях формирования эмбриона (могут дифференцироваться в эмбриональные ткани);

фетальные: эти клетки получают из плодного материала после аборта (обычно срок гестации, или внутриутробного развития плода, составляет 9-12 недель);

постнатальные (стволовые клетки взрослого организма): эти клетки находятся в различных органах тела и преобразуются в специализированные клетки в зависимости от их расположения, например, гемопоэтические (кроветворные) стволовые клетки находятся в костном мозге и используются организмом для формирования клеток крови, когда это необходимо [2; 3].

Недавно учёные смогли таким образом генетически модифицировать взрослые стволовые клетки, что они становятся аналогичны эмбриональным стволовым клеткам со способностью образовывать любой тип клеток. Эти клетки были названы индуцированными плюрипотентными стволовыми клетки.

Иногда в отдельную группу выделяют стволовые клетки пуповинной крови. В пуповинной крови присутствуют уникальные разновидности стволовых клеток, которые способны дифференцироваться в клетки различных органов и тканей. Здесь же отметим, что замороженные для более длительного хранения эти клетки могут быть использованы в лечении детей с некоторыми типами лейкемии.

Определенный тип стволовых клеток может быть получен из амниотической жидкости, которая окружает плод во время беременности, но этот тип стволовых клеток нуждается в дальнейших исследованиях, чтобы выяснить, как его использовать.

Лечение стволовыми клетками. В настоящее время медицинское использование стволовых клеток ограничивается трансплантацией костного мозга, которая содержит стволовые клетки, способные формировать клетки крови. По мере усовершенствования методики стал более распространен термин «трансплантация гемопоэтических клеток». Оба термина часто используются как взаимозаменяемые. Эта медицинская процедура проводится для лечения различных заболеваний, в том числе рака у детей. Так, образец костного мозга берут у подходящего донора, который не инфицирован болезнью, и вводят пациенту, и организм пациента начинает формировать новые кровяные тельца. Процедура позволяет заменить поврежденные или разрушенные кроветворные (гемопоэтические) клетки здоровыми [4].

Однако в связи с тем, что трансплантация стволовых клеток имеет ряд серьезных побочных эффектов и отдаленные последствия, её применяют с осторожностью. Вместе с тем, многие дети и подростки, перенесшие трансплантацию, сейчас живут полноценной жизнью, у них больше нет рака.

Ежегодно более 26 000 человек в Европе получают трансплантацию гемопоэтических стволовых клеток. Вот виды лейкемии и лимфомы, которые в настоящее время можно лечить с помощью транспланта: острый миелоидный лейкоз, острый лимфобластный лейкоз, хронический миелолейкоз, хронический лимфобластный лейкоз, ювенильный миеломоноцитарный лейкоз, лимфома Ходжкина, Неходжкинская лимфома.

Трансплантация костного мозга является примером использования стволовых клеток в лечении различных видов лейкемии. Исследования в этой области продолжаются, чтобы определить, могут ли стволовые клетки быть использованы для лечения некоторых неизлечимых заболеваний, таких как болезни сердца, болезнь Паркинсона, диабет и травмы спинного мозга.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. (Wikipedia) // Stem cells history (дата обращения 18.03.2021).
2. (Healthline, 2016)//Stem cells research (дата обращения 20.03.2021).
3. (Medicinet, 2020)//Stem cells (дата обращения 22.03.2021).
4. //ويب طب تعرف على الخلايا الجذعية ودورها في علاج الأمراض (дата обращения 22.03.2021).

Ван Нана (Китай)
Папина Ю.В. (Россия)

Томский политехнический университет, г.Томск
Центральный национальный университет (г. Таюань, Тайвань)

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,
к.т.н., доцент

ВЛИЯНИЕ pH И АМИНОКИСЛОТ НА АГРЕГАЦИЮ НАНОЧАСТИЦ TiO₂

Введение

Наночастицы TiO₂ широко используются в коммерческих применениях, в том числе как косметические добавки, экологические катализаторы, солнечные элементы, запоминающие устройства и пищевые красители [1, 2]. В процессе производства, исследования и применения, наночастицы могут выделяться в водные среды [3] и взаимодействовать с живыми организмами [4] и растениями [5]. Благодаря высокой

фотокаталитической активности наночастицы TiO_2 также представляют угрозу для обитателей гидросферы [1, 4, 6, 7].

Аминокислоты являются наименьшими составными единицами и важными компонентами белков, формирующих ткани и органы, а также встречаются в свободном виде в почвах [8]. Поскольку аминокислоты очень важные компоненты экосистем, изучение взаимодействия с ними является важной задачей для понимания, как наночастицы могут влиять на белки и как белки и среда может менять свойства наночастиц при их попадании в окружающую среду.

Поэтому изучение взаимодействия агрегацию наночастиц диоксида титана в растворе. И целью работы являлось изучение влияния pH на агрегацию наночастиц TiO_2 .

Экспериментальная часть

Объекты исследования явились наночастицы TiO_2 , которые были произведены компанией Nanostructured and Amorphous Materials Inc. (США). Частицы имеют сферическую морфологию, а средний размер составляет 25 нм. В эксперименте использовались низкомолекулярные алифатические α -аминокислоты, имеющие разный характер боковых цепей (функциональных групп):

- кислотный – глутаминовая кислота (Glu),
- нейтральный – глицин (Gly),
- основной – лизин (Lys).

Суспензии и растворы готовили на основе дистиллированной воды с $pH=6.5\pm 0.3$ (дистиллятор GFL-2004, Gesellschaft Labortechnik mbH, Germany). Навески веществ и наночастиц брали with the analytical scales GR-202 (A&D Co Ltd., Japan, ± 0.0001 g). Значение pH контролировали с помощью pH-метра pH-150МИ (Измерительная техника, Россия). Для титрования использовали 0,1 М растворы NaOH и HNO₃. Для перемешивания и титрования растворов и суспензий применяли магнитную мешалку MR Hei-Tec (Heidolph Instruments GmbH & Co, Германи) при частоте 300 об/мин. Все растворы и суспензии готовили и хранили при $25\pm 2^\circ C$. Для приготовления суспензии сухую навеску аминокислоты смешивали с 0.05 g наночастиц с молярным содержанием «наночастицы: аминокислота = 2:1». Концентрация наночастиц в суспензии составляла 1000 мг/л. Смесь веществ перемешивали в пластиковом 50 мл контейнере гомогенизатора Ultra-Turrax Tube Drive (IKA, Germany) с шариками из стекла (диаметр 5 мм) встряхиванием при мощности 5 ед. (speed of 3300 rpm) в течение 3 мин. Далее к смеси добавляли по 50 мл дистиллированной воды с заданным pH и перемешивали в течение 1 мин. Полученные суспензии доводили до $pH=3...7...11$ с помощью 1M

NaOH или HNO₃ титрованием при перемешивании с последующей обработкой с помощью УЗ-гомогенизатора UIP1000hd (Transducer, Germany, 1000 Вт, 20 кГц) в течение 15 мин, и декантировали в течении 24 ч. Аликвоту для анализа отбирали с верхней трети объема суспензии. Эксперимент с приготовлением растворов и суспензий повторяли два раза в разные дни.

Дисперсионные (распределение частиц по размерам) свойства наночастиц исследовали с помощью метода динамического рассеяния света (ДРС). Измерения проводили с помощью анализатора частиц Zetasizer Nano (Malvern, США) при 25° С. Прибор оснащен He-Ne-лазером мощностью 4 мВт с длиной волны 633 нм. Измерения проводили в углу обнаружения 173°, позиции в кювете автоматически определялись программным обеспечением. Для измерений 1 мл суспензии помещали в многоразовую кювету (определение размеров). Измерения проводили не менее трех раз.

Результаты и обсуждение

В работе установлено, что распределение частиц TiO₂ по размерам по в суспензиях после добавления аминокислот имеет преимущественно мономодальный характер, и это не зависит от pH среды и состава аминокислоты. Однако, для всех растворов при увеличении pH распределение меняется: модальный размер при отклонении от нейтральной pH уменьшается. Например, в Glut-растворе при pH 3...7...11 модальный размер составляет 220...396...190 нм (рис.1). Похожие тенденции характерны и для других суспензий.

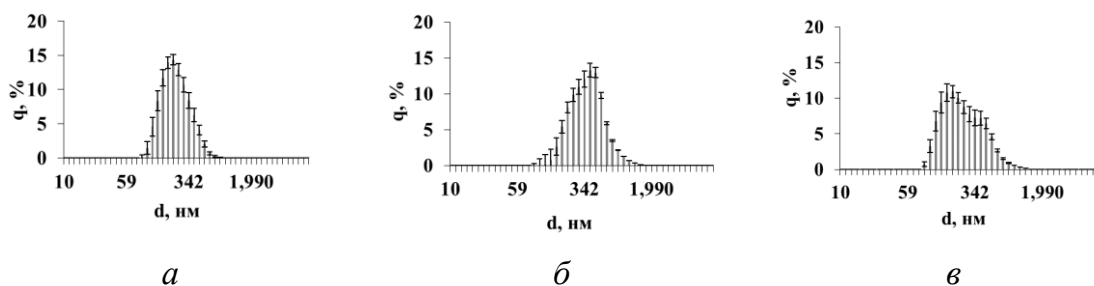


Рисунок 1. Распределение частиц TiO₂ по размерам в растворе Glut при pH=3 (а), pH=7 (б) и pH=11 (в)

На рис.2 представлены распределения частиц по размерам при pH=7 в зависимости от природы аминокислоты. Видно, что в воде для частиц TiO₂ характерно бимодальное распределение (рис.2а): две фракции с модальными размерами 122 и 1718 нм. При добавлении кислот вторая фракция крупных частиц исчезает. Так, в растворах присутствует

только 1 фракция с размерами 396, 459 и 459 нм, соответственно, при добавлении Glut (рис.2б), Gly (рис.2в) и Lys (рис.2г).

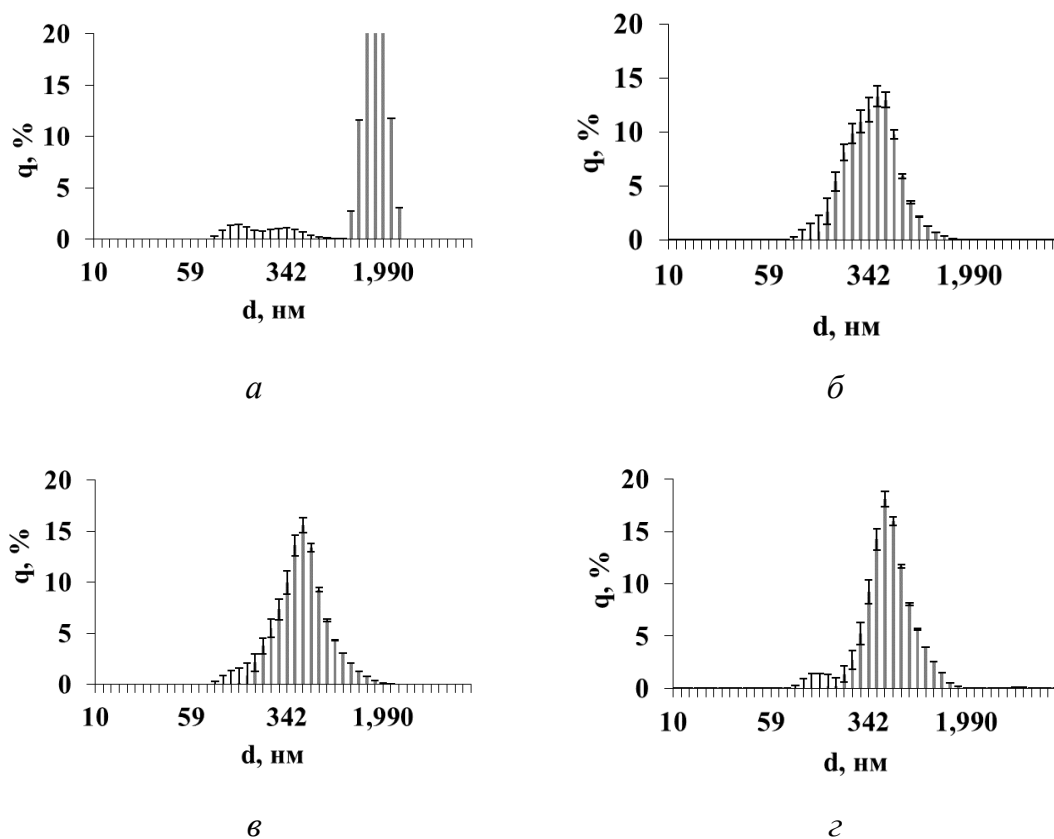


Рисунок 2. Распределение частиц TiO_2 по размерам при $pH=7$ в воде (а), в Glut (б), Gly (в) и Lys (г)

Результаты расчета среднего размера показали, что добавление аминокислот мало влияет на дисперсионные свойства частиц в агрессивных средах. Например, в растворе Glut при $pH=3$ величина $d_{ср}$ составляет 251 нм в сравнении с 132 нм в воде (рис.3). Или в растворе Gly средний размер наночастиц TiO_2 при $pH=11$ составляет 245 нм в сравнении с 154 нм в воде (рис.3).

Очевидно, что наибольшее влияние на агрегацию наночастиц TiO_2 наблюдается в растворах с pH , близкой к нейтральной. После добавления всех выбранных аминокислот степень агрегации наночастиц TiO_2 значительно уменьшается по сравнению с водой: при $pH=7$ средний размер частиц в аминокислотах составляет в среднем 493 нм по сравнению с 1756 нм в воде.

Также в экспериментах показано, что природа аминокислоты оказывает большое влияние на коллоидные свойства наночастиц. Установлено, что чем выше кислотность аминокислоты, тем меньше степень аг-

регации наночастиц. Так, в ряду аминокислот Glut...Gly...Lys величина $d_{ср}$ составляет 435, 380 и 374 нм, соответственно (рис.3).

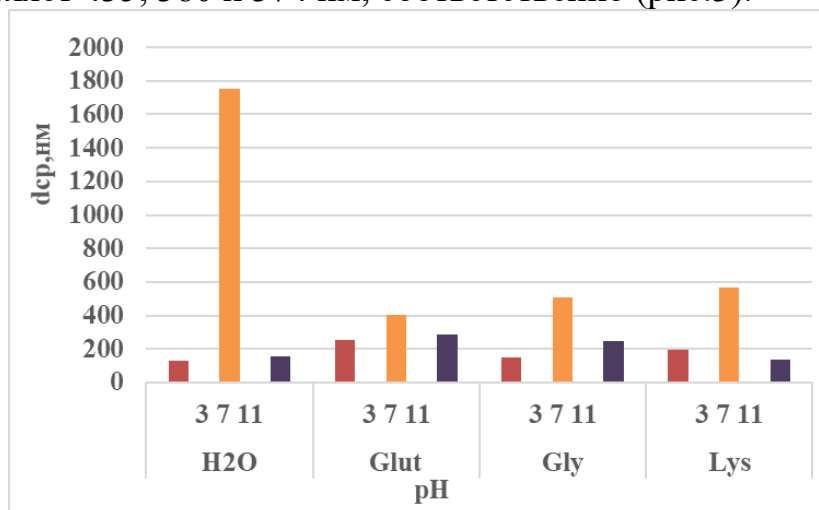


Рисунок 3. Средний размер наночастиц TiO₂ в растворах аминокислот с разными значениями pH

Заключение

С применением промышленных наночастиц TiO₂ со средним размером 25 нм показано влияние природы аминокислоты и pH на дисперсионные свойства частиц в водной суспензии. Установлено, что добавление аминокислот мало влияет на дисперсионные свойства частиц в агрессивных средах: размер после добавления кислот мало меняется при pH=3 и немного увеличивается при pH=11. Однако, при pH=7 средний размер частиц уменьшается в 3 раза. Показано, что в ряду аминокислот Glut...Gly...Lys средний размер агрегатов увеличивается и составляет 435, 380 и 374 нм, соответственно.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Baker T.J., Tyler C.R., Galloway T.S. Impacts of metal and metal oxide nanoparticles on marine organisms // Environmental Pollution. – 2014. – Vol.186. – P.257-271.
2. Faure B., Salazar-Alvarez G., Ahniyaz A., VillaluengI., Berriozabal G., De Miguel Y.R., Bergstrom L. Dispersion and surface functionalization of oxide nanoparticles for transparent photocatalytic and UV-protecting coatings and sunscreens // Science and Technology of Advanced Materials. –2013. – Vol.14. – P.1-23.
3. Keller A.A., McFerran S., Lazareva A., Suh S. Global life cycle releases of engineered nanomaterials // Journal of Nanoparticle Research. –2013. – Vol. 15. – P.1-17.

4. Therezien M., Thill A., Wiesner M.R. Importance of heterogeneous aggregation for NP fate in natural and engineered systems // *Science of The Total Environment*. –2014. – Vol. 485–486. – P.309-318.
5. Xinyi W., Jing H., Fan W., Xinyu Z., Bin W., Yu Y., Guofeng S., Junfeng L., Shu T., Xilong W. Application of TiO₂ nanoparticles to reduce bioaccumulation of arsenic in rice seedlings (*Oryza sativa* L.): A mechanistic study // *Journal of Hazardous Materials*. – 2021. – Vol.405. – P.0304-3094
6. Farre M., Gajda-Schranz K., Kantiani L., Barcelo D. Ecotoxicity and analysis of nanomaterials in the aquatic environment // *Analytical and Bioanalytical Chemistry*. –2009. – Vol.393. – P.81-95.
7. Kiser M., Westerhoff P., Benn T., Wang Y., Perez-Rivera J., Hristovski K. Titanium nanomaterial removal and release from wastewater treatment plants // *Environmental Science and Technology*. –2009. – Vol. 43. – P.6757-6763.
8. Vranova V., Rejsek K., Skene K.R., Formanek P. Non-protein amino acids: plant, soil and ecosystem interactions // *Plant Soil*. – 2011. – Vol.342. – P.31-48

Гао Аоцзе (Китай)

Томский политехнический университет, Томск

Научный руководитель: Мирошниченко Юлия Юрьевна,
к. х. н, доцент

ВИРТУАЛЬНЫЙ ЛАБОРАТОРНЫЙ КОМПЛЕКС КАК МОДЕЛЬ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ АЛГОРИТМА ВЫПОЛНЕНИЯ ОФЛАЙН ЭКСПЕРИМЕНТА

Учебный процесс в этом году для иностранных студентов организован в дистанционном формате. Для проведения практических и лекционных занятий по химии преподаватели применяют платформу Zoom, а для выполнения лабораторных работ используют виртуальный лабораторный комплекс, размещенный в электронном курсе. Виртуальный комплекс по общей и неорганической химии разработан сотрудниками ОЕН ШБИП доцентом Князевой Е.М. и профессором Коршуновым А.В. [1]. Он состоит из 12 лабораторных работ, каждая работа имеет теоретическую и практическую части. В теоретической части представлен материал по теме лабораторной работы, описан метод, цель работы и порядок ее выполнения. В практической части в рабочей области стола

студенты выполняют лабораторную работу, используя необходимое оборудование из «сейфа» с инструментами и реактивы. Графический дизайн виртуальных установок визуально точно отображает вид используемого в лаборатории оборудования и порядок работы на нем.

На примере работы «Определение теплоты растворения» [2] рассмотрим алгоритм и рекомендации по выполнению лабораторной работы:

Изучите теоретический материал по теме «Термохимия», запишите новые термины, законы и формулы.

Кратко запишите порядок выполнения работы. Подготовьте таблицы для внесения, полученных в работе, экспериментальных данных.

В рабочей области стола соберите виртуальную установку, строго соблюдая порядок выполнения работы. Если действие выполнено неправильно, то система информирует об ошибке. Установка для определения теплоты растворения – калориметр. Калориметр представляет собой сосуд, снабженный теплоизолирующей рубашкой для уменьшения теплообмена с окружающей средой, мешалкой, термометром и термопарой.

Определите массы стакана, мешалки, воды, вещества и внесите данные в таблицу.

Загрузите вещество в калориметр. Включите установку и получите графическую зависимость времени реакции от температуры. Выполните обработку полученных графических данных, изменяя положение точек τ_1 и τ_2 . Значения τ_{cp} и Δt автоматически фиксируется на графике (рис.1).

Вычислите теплоту растворения вещества используя теоретический материал. Сравните энтальпии растворения вещества с теоретическим значением, используя справочные данные [3]. Запишите вывод по работе.

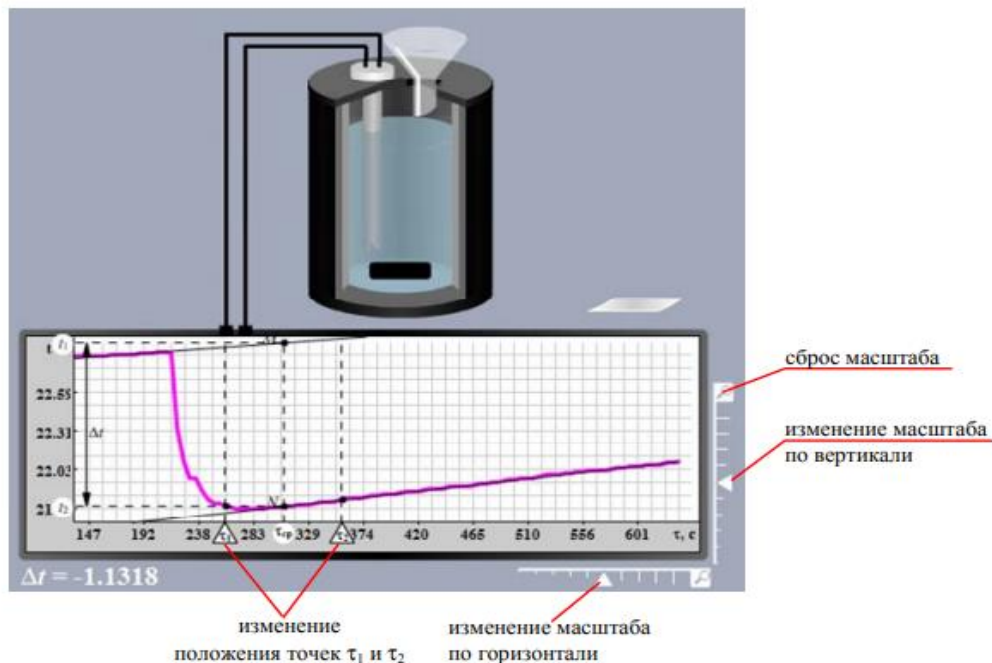


Рисунок 1. Экспериментальные данные виртуальной работы «Определение теплоты растворения»

Предложенный алгоритм действий при выполнении виртуальной лабораторной работы позволит сформировать и закрепить порядок работы и воспроизвести ее в реальных «офлайн» условиях с другими веществами и реакциями.

Для изучения достоинств и недостатков виртуального лабораторного комплекса провели опрос иностранных студентов групп 158Т81 и 158Т82 и студентов обучающихся в гибридном формате.

Вопросы:

Интересно ли Вам было выполнять виртуальную работу?

Ответ: 1) да, 2) нет, 3) не знаю.

Какие трудности у Вас возникали при выполнении работы?

Ответ:

- 1) большой объем теоретического материала,
- 2) в выполнении практической части (в сборе установки, в обработке графической зависимости и (или) полученных данных),
- 3) проблем не возникало,
- 4) напишите свое мнение.

Сможете ли Вы, выполнить на реальной установке эту работу используя предложенный алгоритм действий?

Ответ: 1) да, 2) нет, 3) не знаю.

Студентам обучающихся в гибридном формате первым вопросом был: «Какой формат проведения лабораторных занятий очный или с применением виртуального лабораторного комплекса Вам нравится больше? Выразите свое мнение.».

Получены следующие результаты опроса. Всем иностранным студентам интересно выполнять работы с применением виртуального комплекса, тогда как по мнению студентов гибридной формы обучения, лучше работать на реальных установках. На виртуальной установке лабораторный эксперимент получается всегда, так как это идеальная модель, не учитывающая побочные процессы, в отличие от выполнения лабораторной работы в реальных условиях. При выполнении эксперимента в реальных условиях, студенты наблюдают и анализируют происходящие явления и процессы, и совместно обсуждать их с преподавателем и одногруппниками.

Во втором вопросе иностранные студенты отметили трудности, которые возникали у них во время работы: 60 % – большой объем теоретического материала, 20 % – технические проблемы (загрузка виртуальной работы, не устойчивый интернет) и у 20 % – не возникало проблем. Студенты гибридной формы 100 % ответили, что работу выполнять не сложно.

На третий вопрос 30 % – иностранных студентов затрудняются ответить, а 70 % – студентов смогут выполнить работу в реальных условиях. Все студенты гибридной формы обучения считают, что смогут воспроизвести эксперимент в реальных условиях.

Таким образом, к достоинствам виртуального лабораторного комплекса можно отнести максимально полную имитацию реальной лабораторной установки и изучение алгоритма действий на ней. А также возможность обучения студентов в дистанционном формате и демонстрацию опытов, когда постановка реального эксперимента затруднена.

Основным недостатком виртуального комплекса является отсутствие непосредственного контакта с объектом исследования, приборами, оборудованием.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Химия 2 (электронный курс) // <https://stud.lms.tpu.ru/course/view.php?id=4154> (дата обращения 25.03.2021).
2. Стась Н.Ф., Плакидкин А.А., Князева Е.М. Лабораторный практикум по общей и неорганической химии: учебное пособие – Томск: Изд-во ТПУ, 2013 – 207 с.

3. Стась Н. Ф. Справочник по общей и неорганической химии учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012 – 74 с.

Е Юй Чиэнь (Тайвань), Волкова Татьяна Фёдоровна (Россия)
Тайбэй, Государственный университет Чжэнчжи,
Томский политехнический университет

ВЛИЯНИЕ ПАНДЕМИИ КОРОНАВИРУСА НА ЖИЗНЬ КОНКРЕТНОГО ЧЕЛОВЕКА (НА ОСНОВЕ ЛИЧНОГО ОПЫТА)

Многочисленные важные международные события произошли за прошедший 2020 год. Одним из самых известных и печальных является пандемия коронавируса. По состоянию на конец февраля 2021 года во всём мире заразилось новым типом пневмонии уже более ста миллионов человек и умерло более двух миллионов четырехсот тысяч [1]. На наш взгляд, пандемия коронавируса представляет собой самую значительную проблему XIX века, потому что, безусловно, отрицательно влияет на всё человечество и изменяет нашу обычную жизнь. Во многих странах коронавирус непрерывно распространяется, и, к несчастью, пока люди не могут предсказать, когда он исчезнет и каковы будут последствия влияния пандемии коронавируса на жизнь конкретного человека [2, 3].

На основе анализа новостей, научной литературы и личного опыта мы проанализируем то, как меняется жизнь людей из-за пандемии.

На данный момент недостаточно научных исследований на тему влияния пандемии на социальную жизнь конкретных людей, на их психологическое и психическое здоровье. В статьях по психологии появился даже термин «коронавирусный синдром». Ученые утверждают, что пандемия привела к увеличению ментальных расстройств. Текущая ситуация понимается социумом как угроза выживания вида. Это обусловлено тем, что новый вирус драматично влияет на здоровье, может привести к смерти любого человека, близких людей [4].

Именно смерть близких людей всегда оставляет человеку сильную боль на всю жизнь. Даже автор статьи, к счастью, не потерявший значимых людей, мог прочувствовать глубокую скорбь потери родственников через просмотр видео в интернете [5]. Положительно влияет на настроение людей в Тайване тот факт, что правительство хорошо знает, как предотвратить тяжелые последствия коронавирусной инфекции для людей, живущих на маленьком морском острове, так как раньше в Тайване

в 2003 году возникали подобные обстоятельства, то есть борьба с другой эпидемией «SARS» [6].

К сожалению, экономические проблемы уже появились в Тайване, несмотря на то, что правительство, тесно сотрудничая с местными властями, стремится их решать [7, 8]. Интерес к анализу экономических проблем присутствует у российских журналистов. 21 декабря 2020 года ТАСС представил спецпроект «Жизнь после» о том, как изменились разные сферы жизни под влиянием пандемии. Экспертами проекта стали специалисты Института статистических исследований и экономики знаний НИУ ВШЭ. Они рассказали, какие сферы жизни стали актуальными во время пандемии. Выяснили, что это удаленная работа, онлайн-развлечения, доставка заказов. Потеряла значимость индустрия туризма, закрылись многие рестораны, фитнес-клубы и парикмахерские. В итоге пандемия заставила людей чаще задумываться о здоровье, экологии, благотворительности и собственной финансовой стабильности [9].

Кроме того, из-за пандемии люди могут потерять работу, доход, значит, уровень жизни неминуемо снизится. Например, некоторые из друзей автора потеряли работу в Тайване из-за того, что компании больше не могли платить им зарплату. Другим пришлось закрыть свои рестораны и бары вследствие длительной экономической и психологической депрессии, приведшей к уменьшению клиентов. Учёные подтверждают, что на человека угнетающе действует мысль, что каждый представитель человеческого рода опасен, при этом по внешним признакам определить это невозможно. В результате люди ощущают тревогу, информационное давление, недостаток социализации. А воздействие вируса на центральную нервную систему практически не изучено. У тех, кто переболел вирусом, наблюдались психозы, перепады настроения, психозы, тревожность [4].

Соответственно, у автора тоже осталось неприятное ощущение от подобных неожиданных случаев. Думается, что в большей степени именно ощущение психологического бессилия делает человека грустным и расстроенным. В итоге возникает своего рода цепная реакция.

Наряду с указанными трудностями, нехватка медицинских товаров и значительное повышение цен на них равным образом привели к серьёзным социальным проблемам в начальный период эпидемии. Также автор до настоящего времени хорошо помнит свой разговор с родителями по телефону во время нахождения в России. Они пожаловались на то, что в большинстве аптек нет медицинских масок и дезинфицирующих средств. Вместе с тем они были удивлены, что цены на эти товары поднялись во много раз, что привело к дополнительным расходам и нарушению жизненного комфорта.

Тем не менее, они отмечали следующую идею: «С одной стороны, нам (родителям автора) надоело везде носить медицинские маски после вспышки эпидемии, особенно в общественном транспорте, в том числе в автобусе, в метро и тому подобное, так как очень неудобно дышать. С другой стороны, всем необходимо соблюдать законы, изданные правительством, потому что за их нарушение предусмотрен штраф в размере от 3000 до 15000 новых тайваньских долларов. Мы восхищаемся успехами нашего правительства и гордимся им, оттого что теперь стало ясно, что в такой чрезвычайной ситуации можно быстро и эффективно реагировать на эпидемию и хорошо заботиться о здоровье народа и стремиться защитить его изо всех сил».

Далее автор описывает собственный опыт, приобретённый во время пребывания за границей в России, когда он сам глубоко осознал, как меняется жизнь человека из-за пандемии коронавируса.

Во-первых, с конца марта все очные занятия проводились в формате дистанционного обучения, а это было не совсем то, что ожидалось получить автором, который приехал в Томск в августе 2019 года. Сразу же за этим начался режим полной самоизоляции, который отрицательно влиял на психологическое состояние. Такой режим сам по себе не является проблемой, так как жители Тайваня считают его главным способом прекращения эпидемии. Настоящая причина угнетённого состояния автора была связана с условиями места, где он в то время жил. Дело в том, что комната, в которой тогда пришлось проводить много времени из-за эпидемической обстановки, была слишком мала, при этом соседи часто устраивали вечеринки, нарушая режим тишины. Это делало жизнь в общежитии практически невыносимой. Автор чувствовал хронический стресс. Общий тревожный фон и социальные ограничения отрицательно повлияли на психику.

Во-вторых, длительное закрытие границ из-за эпидемической ситуации вызвало заметное сокращение рейсов самолёта и значительное увлечение цен на авиабилеты. Для того чтобы вернуться в Тайвань, автор потратил крупную сумму денег, которая была приблизительно в три раза больше, чем планировалось. К тому же, приехав в Тайвань, было необходимо находиться на карантине в определённом пункте две недели. Автор до сих пор отлично помнит собственные эмоции по поводу приезда к своей семье после долгой разлуки. Он не сможет забыть ощущения радости, облегчения и одновременно тревоги за будущее. Пережить такое же сложное психологическое состояние он не стремится.

Итак, автор надеется, что катастрофа закончится, и в будущем привычный порядок жизни не нарушится из-за других, более серьезных

причин. Главный вывод, который автор сделал для себя – в трудной ситуации надо надеяться на свои внутренние ресурсы, открывать свой внутренний мир и свою внутреннюю жизнь заново, общаться с людьми, помогать им, ежеминутно сохраняя и оптимизм, и активность, и уверенность в себе. Это поможет сохранить и восстановить своё психологическое здоровье и внутреннюю целостность, почувствовать радость от неопределённости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. <https://www.swissinfo.ch/rus/>
2. Ученые спрогнозировали, что распространение COVID-19 снизится зимой - <https://www.interfax.ru/russia/731563>
3. В ВОЗ изучают причины и последствия затяжного COVID-19 - <https://news.un.org/ru/story/2021/02/1397452>
4. «Коронавирусный синдром»: неожиданные последствия пандемии - <https://www.psychologies.ru/standpoint/koronavirusnyiy-sindrom-neojidannyie-posledstviya-pandemii/>
5. https://www.youtube.com/watch?v=hMQAX_blx0c&ab_channel=BEСТИИРКУТСК
6. Усваивая уроки SARS - <https://taipanorama.tw/news.php?post=109165&unit=388>
7. Председатель ИЮ Су объявляет о мерах по расширению финансовой помощи гражданам в условиях пандемии COVID-19 - <https://taipanorama.tw/news.php?unit=134&post=176823&unitname>
8. Кабинет министров приступает к осуществлению программы стимулирования экономического роста путём выпуска потребительских купонов - <https://taipanorama.tw/news.php?unit=134&post=178771&unitname>
9. <https://tass.ru/obschestvo/10310897>

Игамбердиева Амина Атабековна, Туркменистан
Северный (Арктический) федеральный университет
имени М.В. Ломоносова, г. Архангельск

Научный Руководитель: Боровская Нина Николаевна,
к. п. н., доцент.

ЗНАНИЕ ДРЕВЕСНЫХ НАСАЖДЕНИЙ ГОРОДА КАК ПОКАЗАТЕЛЬ БИОЛОГИЧЕСКОЙ ГРАМОТНОСТИ СТУДЕНТОВ ВУЗА

Биологическая грамотность представляет собой важнейший инструмент для сбалансированного развития общества, которое определяется как способность самостоятельно и своевременно применять биологические знания, адаптироваться к изменениям, нести ответственность за принятые решения, прогнозировать последствия для сохранения жизни как феномена, природы, здоровья человека [2].

Одной из важных составляющих биологической грамотности является умение узнавать и различать растения, которые произрастают на территории родного города.

Древесные насаждения играют важную роль в природе и в жизни человека, выполняя следующие функции: формируют комфортный микроклимат участка, снижают температуру воздуха в жаркое время года, регулируют влажность приземного слоя воздуха и освещенность территории, уменьшают скорость ветра. Зеленые насаждения (деревья, кустарники, газоны) поглощают из атмосферного воздуха газообразные загрязняющие вещества, обогащают его кислородом, уменьшают запыленность и уровень шума. А также выполняют образовательную, эстетическую и защитную функции. [1, с. 2].

С целью выяснения умения узнавать древесные растения городской среды, в частности, растения-интродуценты, нами было проведено исследование среди студентов 4 курса направления подготовки 44.03.05 «Педагогическое образование» с двойным профилем обучения «Биология -Химия», а также среди студентов 3 курса направления подготовки 35.03.10 «Ландшафтная архитектура». В исследовании участвовали и принимали участия студенты Высшей школы естественных наук и технологий, а также студенты неббиологических специальностей различных высших школ САФУ.

В общей сложности в исследовании приняли участия 28 респондентов. Нами обработано 88 ответов на предложенные в анкете вопросы. Содержание анкеты было направлено на выявление знаний видового состава растений-интродуцентов города Архангельска и умения узна-

вать наиболее часто встречаемые растения по морфологическим признакам листа.

Для опроса были использованы следующие виды растений: 1) клен остролистный, он же обыкновенный (*acer Platanoides*); 2) дуб обыкновенный, или дуб черешчатый (*communis quercus*); 3) роза морщинистая (*surrexit rugosa*); 4) калина гордовина, или гордовина обыкновенная (*viburnum lantana*); 5) тополь белый (*populus alba*); 6) акация жёлтая, или карагана древовидная (*acacia flavum*); 7) ясень обыкновенный (*fraxinus excelsior*); 8) липа обыкновенная (*tilia europaea*); 9) вяз шершавый (*ulmus glabra*); 10) вяз гладкий (*ulmus laevis*); 11) клинолистный рябинник (*sorbaria sorbifolia*); 12) сирень венгерская (*syringa josikaea*); 13) ель голубая, или ель колючая (*picea pungens*); 14) лиственница сибирская (*larix sibirica*) [3].

Результаты исследования среди студентов небиологических направлений показывают, что обучающиеся не узнают, не разбираются в растениях-интродуцентах города Архангельска (рис.1).

Наиболее знакомыми для этих студентов оказались три вида деревьев: клен остролистный (70%), дуб обыкновенный (60%), ель голубая (60%). Совсем не знают студенты гуманитарных направлений растения города: роза морщинистая, калина гордовина, карагана древовидная, ясень обыкновенный, липа обыкновенная, вяз гладкий, сирень венгерская (0%).

Результаты анализа ответов студентов 3 курса направления 35.03.10 Ландшафтная архитектура оказались несколько выше (рис.1).

Все респонденты узнали такие растения как: клен остролистный, дуб обыкновенный, ель голубая, лиственница сибирская(100%). Более половины опрошенных правильно назвали такие древесные культуры, как роза морщинистая, вяз шершавый, сирень венгерская (62,5%). Однако никто из опрошенных студентов не смог правильно назвать клинолистный рябинник (0%) в то время, как более половины студентов педагогического направления узнают это растение (66 %).

Анализ результатов проведенного нами исследования показал, что наиболее известными и узнаваемыми для студентов, будущих учителей биологии и химии, являются такие виды древесных растений города, как клен остролистный (83%) и дуб обыкновенный (83%) (рис 1).

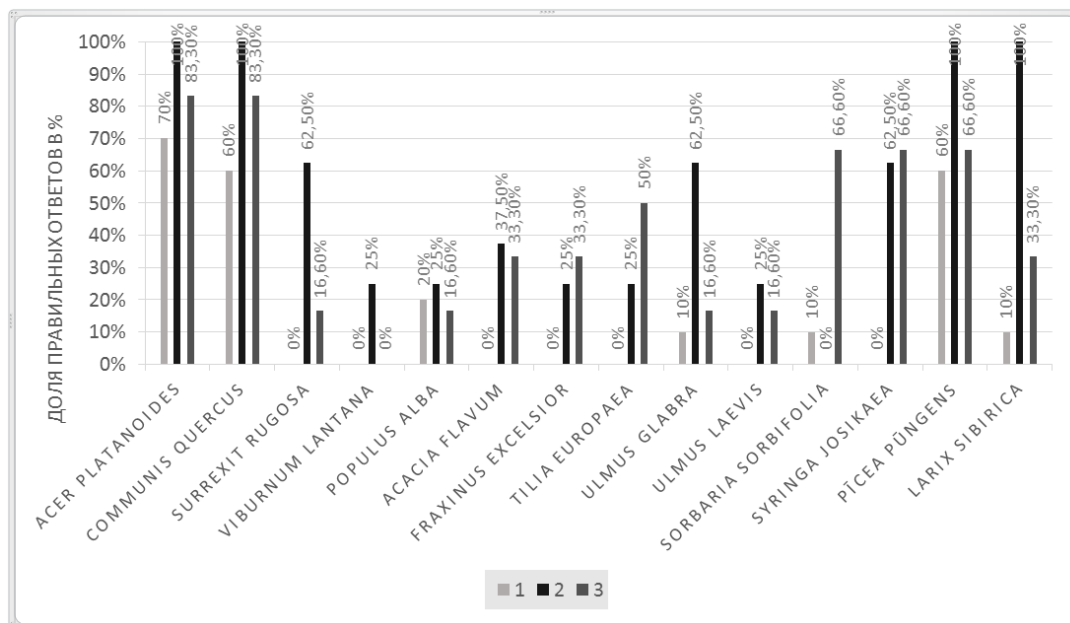


Рисунок 1. Состояние знания растений-интродуцентов студентами САФУ.
 1 - ответы студентов гуманитарных направлений САФУ;
 2 - ответы студентов естественнонаучного направления
 35.03.10 Ландшафтная архитектура;
 3 - ответы студентов естественнонаучного направления
 44.03.05 Педагогическое образование с двумя профилями подготовки
 «Биология – Химия»

Студенты показали низкую узнаваемость следующих видов городских деревьев: роза морщинистая (16,60%), тополь белый (16,60%), вяз гладкий (16,60%), лиственница сибирская (33,30%), карагана древовидная (33,30%), липа обыкновенная (33,30%). Никому из респондентов не удалось узнать калину гордовина (0%).

По результатам данного исследования можно сделать вывод о том, что студенты третьего курса направления подготовки «Ландшафтная архитектура» справились с практическим заданием по узнаванию древесных растений города лучше других. Причиной такого результата является направление их профессиональной практической деятельности, систематическая работа с растениями, изучение видового состава интродуцентов, а также аборигенов города.

Анализ результатов опроса студентов четвертого курса педагогического образования с двумя профилями подготовки «Биологии – Химии» немного ниже. Причиной может являться отсутствие систематического применения исследуемых знаний в практической деятельности.

Также причиной может служить тот факт, что многие интродуценты не произрастают на территории города, некоторые виды встречаются

только в сквере и в дендросаду САФУ. Не достаточно часто и эффективно проводятся мероприятия, экскурсии, не создаются условия для того чтобы вызвать интерес в узнавании растений среди населения города.

С целью создания условий для повышения уровня биологической грамотности сегодня можно использовать современные технологии. Например, можно создать мобильное приложение с названиями и рисунками самых широко распространенных интродуцентов и аборигенов города, а также включить эту систему в уже готовое приложение. Например, используя сайт САФУ или электронное расписание, ежедневно в виде вопроса с картинками включать разные растения и интересные факты о них. Таким образом, студенты всего университета будут просвещаться.

Для старшего поколения и для обучающихся в школьных учреждениях можно на базе университета создать объединение из студентов, волонтеров с участием преподавателей и устраивать экскурсии по скверу и дендрарию САФУ. Также целесообразно проводить мастер-классы по уходу и посадке декоративных видов с возможностью использовать их на своих приусадебных участках.

При создании специальных условий будет налаживаться самое главное - это связь человека с природой. Тем самым горожане смогут лучше узнать о видовом составе и полезных свойствах растений, их значимости в нашей жизни. В итоге все эти знания будут способствовать формированию биологической грамотности населения города.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Купарина Н. В., Болкунов. А. И., Коробова. А.А. Озеленение детских дошкольных учреждений / Н. В. Купарина, А. И. Болкунов, А.А. Коробова. – Текст: электронный // Волгоградский государственный аграрный университет, г. Волгоград. 2016 г. 8 с. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=25775169&> (дата обращения 12.10.2020).
2. Пивоварова Л. В. Биологическая грамотность и развитие школьников в контексте ориентиров новых образовательных стандартов и программы «МГУ – школе». – URL: <http://lib.teacher.msu.ru/pub/2216> (дата обращения 01. 11. 2020).
3. Сунгурова Н.Р. Декоративная дендрология: учеб. пособие. – Архангельск // САФУ – 2014. – 116 с.

Лю Яцинъ (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна,
к.х.н., доцент

ПОЛУЧЕНИЕ ПОЛИМЕРНЫХ ГЕЛЕЙ РАЗЛИЧНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Введение

Гели – это коллоидные частицы или полимеры в растворе, которые соединяются друг с другом, образуя пространственную сетчатую структуру. Гели характеризуются гибкостью, многофазностью, высокой дисперсностью и нестабильностью, способностью набухать; терять объем без жидкости. Их можно использовать в различных областях: например, в медицине, в качестве электролитов источников химической энергии. супервпитывающего материала [1, 2].

Целью данной работы является анализ методов синтеза полимерных гелей и областей их применения.

Синтез и применение гелей

В работе Политова с коллегами [3] изучены начальные стадии и кинетика гелеобразования органо-неорганических гибридов на основе синтетических и природных полимеров. Показаны этапы появления вязкопластических свойств модельных материалов с использованием синтетического полиакриламида и гелей на основе натуральных полисахаридов и лигнина, армированные частицами шелухи проса. Полученные новые умные материалы успешно применяются в технологиях нефтедобычи. Также предлагается использовать эти материалы в борьбе с наводнениями в городах и достопримечательностях.

В работе [4] проведена оценка возможности использования гелей на основе метакриловых сополимеров для оценки коррозионной устойчивости сплавов ВТ1-0 и ВТ6 с покрытиями из SiC, TiB₂, ZrO₂. Коррозионные испытания медицинских сплавов проводят в растворах, близких по составу жидкой среде в организме человека. Однако реальная эксплуатация таких материалов предполагают их контакт как с жидкой средой, так и с мышечной тканью, костной тканью, полимерными молекулами. Таковую среду можно представить, как гель: жидкость, распределенная в каркасе твердого тела. Гель в своем составе имеет функциональные группы, подобные тем, что находятся в организме человека. Наличие жидкой фазы в геле позволяет в широких пределах вводить различные модификаторы в матрицу и варьировать его свойства. Плен-

ка за счет адгезии может крепиться к поверхности любой формы и размера.

Коррозионную устойчивость оценивали двумя способами.

Первый способ заключается в контроле изменения морфологии поверхности сплавов после 7 суток и месяца контакта с гелями. Наблюдения удобно вести по изменению формы кратеров и микровключений, которые содержатся на поверхности металла после легирования.

По устойчивости к химической коррозии в среде геля металлы можно разделить на три группы. Первая группа, это металлы, изменение морфологии поверхности которых заметны после 7 суток воздействия геля. На поверхностях этой группы сплавов наблюдается удаление точечных темных микровключений, увеличение и углубление «кратеров», а также увеличение четкости очертаний границ наплавов. В эту группу входят сплавы VT1-0, VT1-0+TiB₂ и VT6+SiC. Вторая группа, это сплавы, для которых изменения становятся более явными спустя месяц после контакта с гелями. В эту группу входят сплавы VT6, VT1-0+SiC и VT1-0+ZrO₂. Поверхность третьей группы сплавов практически не изменилась после эксперимента. В эту группу входят сплавы VT6+ZrO₂, VT6+TiB₂.

Второй способ заключается в регистрации коррозионных диаграмм в ячейке, где вместо жидкости используется полимерный гель.

В общем случае, сравнивая токи коррозии сплавов до и после легирования, можно отметить, что модифицирование поверхности металлов эффективно сказывается только при использовании карбида кремния. Установлено, что использование бориды титана для легирования поверхности титана VT1-0 и оксида циркония для VT6 снижает устойчивость металлов к электрохимической коррозии. На основании анализа последовательных поляризационных кривых выявлено, что карбид кремния и оксид циркония увеличивает стойкость VT1-0 к длительной электрохимической коррозии.

Авторы работы [5], синтезировали гель на основе (2,2,6,6-тетраметил-1-пиперидинилокси-4-бутилметакрилата). Гибридный электрод изготавливается путем включения в гель активированного угля с большой площадью поверхности и углеродные нанотрубки (рисунок 1А). Слоистая морфология суперконденсатора получена методом последовательного осаждения.

Ученые показали, что по сравнению с двухслойными поверхностными ионами на органическом углеродном электроде, различные псевдоконденсаторы с органическими радикалами обладают потенциалом для сверхбыстрого обратимого объемного накопления окислительно-восстановительного заряда.

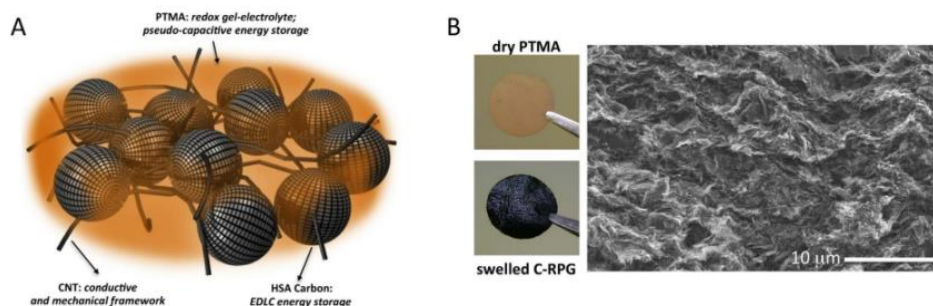


Рисунок 1. – Гибридный гелевый суперконденсатор с углеродными частицами (А) Углеродная прокладка с высокой поверхностной активностью встроена в гель для создания гибридного композитного электрода. (В) СЭМ-изображение электрода. Вставка: оптическая микрофотография высохших частиц геля (вверху) и набухшего электрода (внизу).

Композит демонстрирует идеальные свойства электрода, такие как высокая электрическая и ионная проводимость, а также отличная циклическая стабильность. Такие гибридные угольные электроды из окислительно-восстановительного полимера и геля поддерживают беспрецедентную скорость разряда при $1000\text{ }^{\circ}\text{C}$ с 50% от номинального значения.

В работе [6] показана возможность использования полимерных гелей для очистки и реставрации поверхности сталей различных марок. Опробованы две методики очистки поверхности: контакт полимерной пленки с поверхностью объекта; электролитическая очистка металлов с применением геля в качестве электролита. Установлено, что первая методика более эффективна для низкоуглеродистых объектов, вторая – для высоколегированных сталей. Преимуществами методики с полимерным гелем являются возможности локализации и контроля процесса.

Для получения полимерных гелей использовали следующие материалы: метилметакрилат (ММА); метакриловая кислота (МАК); полиэтиленгликоль – 200 (ПЭГ); трифторацетат аммония ($\text{CF}_3\text{COONH}_4$), трифторуксусная кислота (CF_3COOH).

Полимерные гели, применяемые в работе, представляют собой трехмерную физическую сетку, образованную смесью гомополимеров метилметакрилата с метакриловой кислотой и полиэтиленгликолем. Присутствие ионогенных солей в составе полимера увеличивает проводимость полимерных систем, что повышает скорость диффузии окисленных форм металла с поверхности в объем геля.

Под влиянием различных факторов на поверхности металлических объектов образуется коррозионный слой, представляющий собой смесь солей, оксидов металлов и сплавов. Чем менее прочно эти соединения

связаны с поверхностью, тем быстрее идет процесс их диффузии в объеме полимерного геля. Поверхность стали, в зависимости от степени легирования, покрыта гидратированными оксидами или твердыми растворами железа и легирующих компонентов. Данные соединения прочно связаны с поверхностью, что значительно затрудняет процесс очистки или реставрации таких металлов. Так для низкоуглеродистых сталей 65 Г и 0.8 КП основной фазой окисленных форм является $\text{FeO}(\text{OH})$, толщина коррозионного слоя составляет 40 – 50 мкм. У этих соединений низкая адгезия к металлу, и поэтому сорбция окисленных форм с поверхности проходит быстрее даже при комнатной температуре. Поверхность низколегированных сталей легко очищается при обычном контакте полимерной пленки с металлом. На рисунке 2 представлено изображение поверхности стали 0.8 КП после искусственной коррозии и контакта с полимерным гелем. Видно, что полимерный гель удаляет окисленные формы стали, при этом происходит уменьшение толщины основного металла менее чем на 1 микрон.

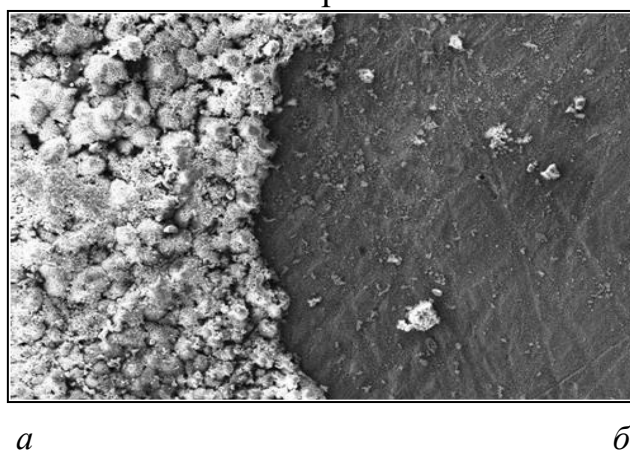


Рисунок 2. РЭМ изображение окисленной поверхности стали 0.8 КП (а) и после контакта с полимером (б)

Использование полимерных гелей позволяет очищать объекты любой формы и размера. Полимерную пленку, полученную методом термопрессования, можно использовать многократно, контролируя процесс очистки.

В работе [7] разработан новый тип гель-полимерного электролита на основе поливинилформаль с молекулярной массой 70 000. Как показано на рисунке 3, слабополярная группа СО прочно соединена с неполярной частью. С одной стороны, процентное содержание сложноэфирных связей и гидроксильных групп определяет растворимость поливинилформаль в органических растворителях, с другой – это важный параметр, определяющий степень полимеризации.

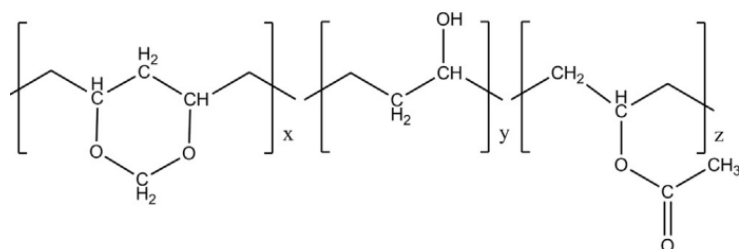


Рисунок 3. Молекулярная структура поливинилформалей [7]

При получении гелеобразного полимерного электролита поливинилформаль можно использовать без дополнительной очистки. Было обнаружено, что образованный гелевый полимерный электролит может эффективно связывать компоненты батареи, такие как сепараторы и пористые электроды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Philippova O. E. Responsive Polymer Gels//Polymer Science, Ser. C, Vol. 42, No. 2, Department of Physics, Moscow State University, Vorob'evy gory, Moscow, 119899– 2000– P. 1 – 21.
2. Золь-гель процесс. Словарь нанотехнологических и связанных с нанотехнологиями терминов [Электронный ресурс]; Режим доступа: thesaurus.rusnano.com/wiki/article847, свободный.
3. Politov A A., Dmitrii A. Pash D.A., Lyubov E. Lenchankova L.E., Aleksei G. Telin A.G., Alfir T. Akhmetov A.T. Study of initial gelation of hybrid materials comprising synthetic and natural polymers // Materials Today: Proceedings 25 – 2020 – P. 487–489
4. Г.В. Лямина, Ю.А. Зыкова, Е.П. Князева Применение полимерного геля как модельной среды для оценки коррозионной устойчивости металлов // Вестник Томского государственного университета. Химия. – 2016. –№ 4 (6). – С. 22–30
5. A.Vlad1,2,3, N. Singh4, S. Melinte1, J.-F.Gohy2 & P.M.Ajayan4. Carbon Redox-Polymer-Gel Hybrid Supercapacitors//Scientific Reports –2016– P. 1 – 6.
6. Dubinina O.V., Lyamina G.V., Mokrousov G.M. Application of Polymer Gel-Electrolytes for Cleaning and Restoration of Steel Objects // Advanced Materials Research. - 2014 - Vol. 1040. - p. 8-12
7. Hong-yan Guan , Fang Lian a, Kai Xi , Yan Ren , Jia-lin Sun , R. Vasant Kumar Polyvinyl formal based gel polymer electrolyte prepared using initiator free in-situ thermal polymerization method//Journal of Power Sources 245 –2014– P. 1 – 6.

Лян Шиюэ (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,
к.т.н., доцент

ВЛИЯНИЕ РАЗМЕРА НАНОЧАСТИЦ НА КОРНЕОБРАЗОВАНИЕ ПШЕНИЦЫ

Введение

Наночастицы оксида алюминия (Al_2O_3) широко используются в коммерческих и промышленных целях, включая сорбенты [1], катализаторы [2] и армированный износостойкий материал [3]. При этом показано, что промышленные наночастицы Al_2O_3 могут быть токсичны по отношению к водорослям [4], клеткам [5] и высшим растениям [6].

В литературе имеются данные, которые ярко показывают, что размер частиц является важным фактором токсичности, как показано на примере наночастиц Ag (20, 51 и 73 нм) [7], Ag (10, 20, 51 и 73 нм) [8] и Ag (7, 12 и 22 нм) [9]. Однако, не смотря на высокую актуальность, данных по влиянию размера частиц на растения до сих пор недостаточно.

Целью данного исследования было показать влияние размера наночастиц алюминия на корнеобразование семян пшеницы.

Экспериментальная часть

В работе применяли промышленные наночастицы Al_2O_3 с размером 20 нм (Al_2O_3 -20, производства NanoAmor, США), 45 (Al_2O_3 -45, ООО «Передовые порошковые технологии», Россия) и 140 нм (Al_2O_3 -140, ООО «Платина», Россия). Семена пшеницы сорта «Ирень» (*Triticum aestivum* L.) урожая 2017 года были предоставлены агрофирмой ИП Орищенко (Томский район, Россия).

В качестве среды прорастания в работе готовили суспензии наночастиц на основе раствора Хьюитта (табл.1, [10]). Раствор Хьюитта также использовали в качестве контроля (К).

В суспензиях наночастиц концентрация по алюминию составляла 10 и 100 мг/л. Для взвешивания использовали весы ALC-110d4 (ACCULAB, Россия, точность $\pm 0,0001$). Все суспензии обрабатывали в ультразвуковой ванне DR-LQ20 (МосРемТех, Россия, мощность 60 Вт) в течение 30 мин.

Для проращивания семян на дно чашки Петри (диаметр 9 см) размещали фильтровальную бумагу, на которую равноудаленно помещали 20 семян. В каждую чашку добавляли 7 мл свежеприготовленной среды прорастания, закрывали чашки и выдерживали их при $25 \pm 2^\circ C$ в термостате ТС-1/80 (СПУ, Россия).

Таблица 1

Состав питательного раствора Хьюитта

Макрокомпоненты раствора	Концентрация, мг-экв/л	Микрокомпоненты раствора	Концентрация, моль/л
Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O	8	CuSO ₄ ·5H ₂ O	~ 10 ⁻⁶
KH ₂ PO ₄	2	ZnSO ₄ ·7H ₂ O	~ 10 ⁻⁶
K ₂ HPO ₄ ·3H ₂ O	2	(NH ₄) ₂ MoO ₄	~ 10 ⁻⁶
KNO ₃	2	MnSO ₄	~ 10 ⁻⁵
MgSO ₄ ·7H ₂ O	3	H ₃ BO ₃	5·10 ⁻⁵
NH ₄ NO ₃	1	Хелат Fe	5·10 ⁻⁵

Через 48 ч проросшие семена выкладывали на черную бумагу для фотометрии длины корней, из которой рассчитывали степень подавления корня (R, %, отношение разницы в длине корня к длине корня, проросшего в контроле). Также рассчитывали всхожесть семян (G, доля проросших семян в чашке).

После анализа, семена возвращали в чашки, закрывали и помещали под климатическую лампу (300 Лк) для культивации побегов при 25±2°C в течение 5 дней. Отрезанные корни и побеги высушивали при 30±0,5°C в течение 24 ч и взвешивали для расчета корневого индекса (RI, отношение массы корня к массе побега).

Результаты и обсуждение

Анализ экспериментальных данных позволил показать, что все исследуемые наночастицы независимо от размеров подавляют корнеобразование семян минимум на 50% (рис.1). При этом очевидно, что независимо от выбранной концентрации степень подавления корневой системы пшеницы возрастает с увеличением размера частиц. Например, при концентрации алюминия 100 мг/л величина R составляла -51...-55...-62% для наночастиц с размером 20...45...140 нм (рис.1).

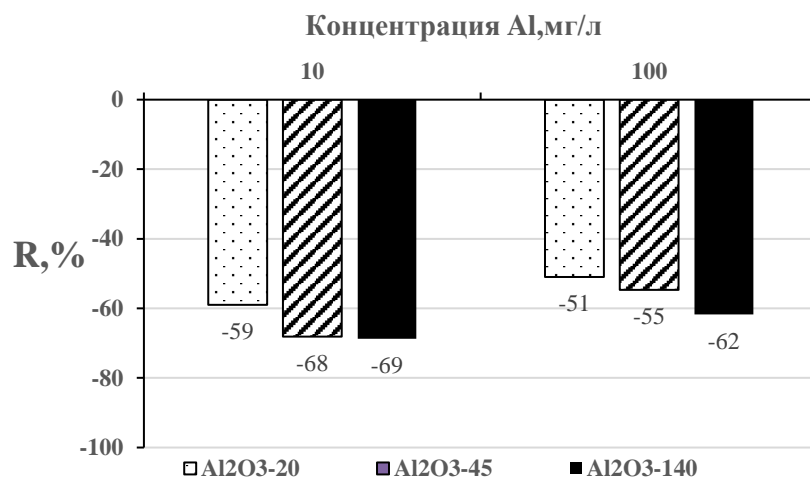


Рисунок 1. Влияние размера наночастиц Al₂O₃ на степень подавления корня

Установлено, что при добавлении наночастиц в среду прорастания всхожесть в целом уменьшается по сравнению с контролем (40%, рис.2). Однако, влияние размера на однозначно в выбранной линейке частиц. При этом видно, что независимо от концентрации для частиц с размером < 100 нм чем меньше размер, тем выше значение всхожести. Например, при концентрации алюминия 10 мг/л с увеличением размера частиц от 20 до 45 нм, всхожесть уменьшается в 2 раза (рис.2).

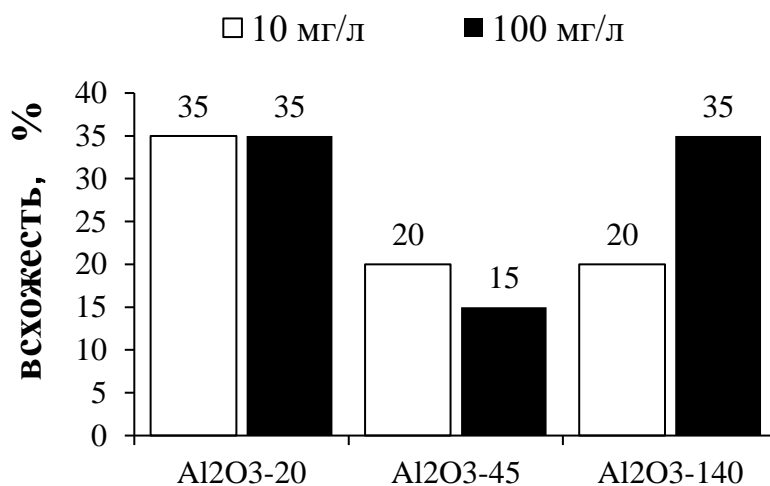


Рисунок 2. Влияние концентрации Al на всхожесть (G) семян.
В контроле G=40%.

Далее установлено, что корневой индекс, показывающих стрессоустойчивость растений в выбранных условиях очень зависит не только от размера, но и от концентрации. Видно, независимо от размера частиц

в более концентрированных суспензиях (100 мг/л) происходит преимущественно образование надземной части, в то время как при уменьшении концентрации до 10 мг/л снижает образование корневой биомассы для проростков. Например, для наночастиц Al₂O₃-20 величина RI составляет 0.14 и 0.72, соответственно для суспензий с концентрацией алюминия 10 и 100 мг/л (рис.3).

В то же время показано, что независимо от концентрации с уменьшением размера корневой индекс уменьшается. Например, при концентрации 10 мг/л величина RI составляет 0.14...0.13...0.09 для частиц с размером 20...45...140 нм (рис.3). Такой результат говорит о том, что при уменьшении размера частиц будет больше образовываться фотосинтезирующей массы у пшеницы.

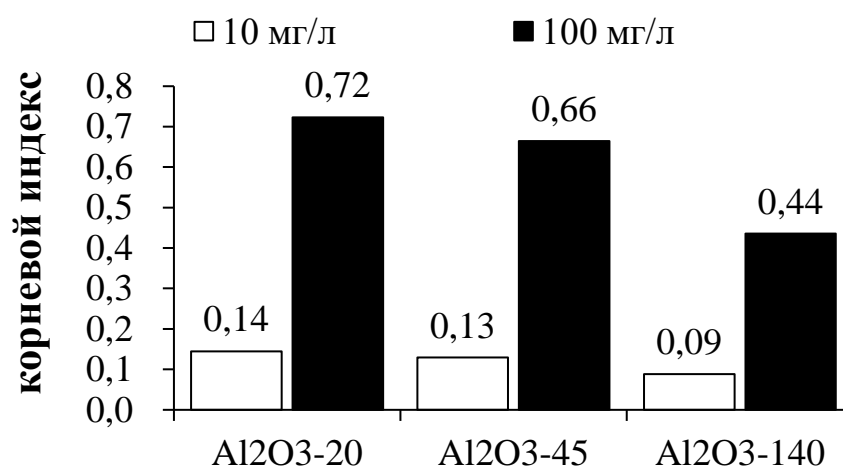


Рисунок 3. Влияние концентрации Al на корневой индекс (RI)
В контроле RI=0.36

Анализируя полученные данные о влиянии размера частиц на корнеобразование семян пшеницы, можно сделать следующие выводы. С одной стороны, частицы меньшего размера более активно подавляют корнеобразование, о чем свидетельствует меньшая длина корня проростка (рис.1). С другой стороны, видно, что корневой индекс для проростков, выросших с добавлением мелких частиц, больше (рис.2). Следовательно, корневой массы образуется больше по сравнению с надземной частью. По всей видимости, добавление наночастиц способно изменять такой параметр растений, как стрессоустойчивость – способность укрепляться корневой системой при воздействии неблагоприятных факторов.

Заключение

Таким образом, в работе на примере промышленных наночастиц Al₂O₃ со средним размером 20, 45 и 140 нм показано, что размер наночастиц оказывает большое влияние на корнеобразование семян пшеницы, что выражено в подавлении роста корня проростка. Также установлено, что чем меньше размер, тем выше стрессоустойчивость растения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li C., et al. Highly efficient and stable PEI@Al₂O₃ adsorbents derived from coal fly ash for biogas upgrading // *Chemical Engineering Journal*. – 2021. – Vol.409 – P.128117.
2. Oberlander R.K. Alumina for catalysis: their preparation and properties // *Applied Industrial Catalysis*. – 1984. – P. 63.
3. Sawyer W.G., Freudenberg K.D., Bhimaraj P., Schadler L.S.. A study on the friction and wear behavior of PTFE filled with alumina nanoparticles // *Wear*. –2003. –Vol. 254. –P. 573-580.
4. Sadiq I.M, et al. Studies on toxicity of aluminum oxide (Al₂O₃) nanoparticles to microalgae species: *Scenedesmus* sp. and *Chlorella* sp. // *Journal of Nanoparticle Research*. – 2011. – Vol.13. – P.3287-3299.
5. Tsaousi A., et al. The in vitro genotoxicity of orthopaedic ceramic (Al₂O₃) and metal (CoCr alloy) particles // *Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*. – 2010. – Vol.697(1) – P.1-9.
6. Rico C.M., et al. Interaction of nanoparticles with edible plants and their possible implications in the food chain // *Journal of Agriculture and Food Chemistry*. – 2011. – Vol.59(8). – P.3485-3498.
7. William F.F, et al. Phytotoxicity of silver nanoparticles on *Vicia faba*: Evaluation of particle size effects on photosynthetic performance and leaf gas exchange // *Science of The Total Environment*. – 2020. – Vol.701. – P.134816.
8. Scherer M.D., et al. Cytotoxic and genotoxic effects of silver nanoparticles on meristematic cells of *Allium cepa* roots: A close analysis of particle size dependence // *Science of The Total Environment*, – 2019. – Vol.660. – P.459-467.
9. Silva G.H., Monteiro R.T.R. Toxicity assessment of silica nanoparticles on *Allium cepa* // *Ecotoxicology and Environmental Contamination*. – 2017. – Vol.12. – P.25-31.
10. Hewitt E.J. Sand and water culture methods used in the study of plant nutrition // *Experimental Agriculture*. – 1967. – Vol.2(3). – P.104.

Патз Матеус Осмар (Бразилия)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Ивашкина Елена Николаевна,
д. т. н., профессор

СИНТЕЗ ЦЕОЛИТСОДЕРЖАЩИХ МАТЕРИАЛОВ

Зола материалов, образующаяся при сжигании твердого топлива для производства энергии, является причиной экологических загрязнений в связи с большим количеством отходов [1,2]. Одним из применений остатков золы, является синтез цеолитов, являющиеся более ценными продуктами, по сравнению с золами. Цеолиты, благодаря особым характеристикам, имеют несколько промышленных применений, таких как: ионный обмен, адсорбция и катализ [2-4].

Угольная зола состоит из двух основных компонентов: Si (кремний) и Al (алюминий). Концентрация этих минералов колеблется от 47 % до 65 % для диоксида кремния (SiO₂) и от 16 % до 29 % для оксида алюминия (Al₂O₃). В связи с этим, благодаря хорошему соотношению кремния к алюминию, зола считается перспективным материалом для производства цеолитов [1-3,5].

Цеолиты образуются в результате перегруппировки атомов кремния и алюминия, генерируя отрицательный заряд, который стабилизируется компенсационным катионом натрия (Na⁺) или калия (K⁺). Данная перегруппировка показана на рисунке 1. [1-3]

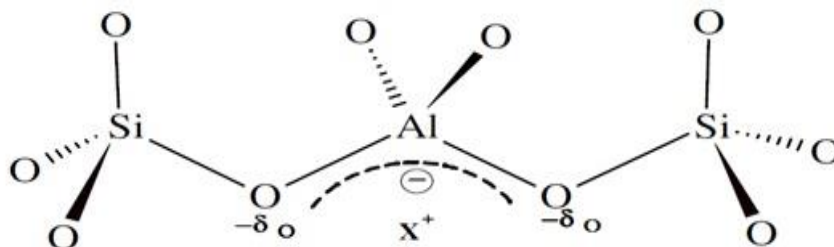


Рисунок 1. Структура цеолита, где X⁺ представляет компенсационный катион. [2,3]

Синтез цеолита может осуществляться различными методами, однако, наиболее распространенным методом является двухстадийный метод щелочного плавления [2-5]. В этом методе атомы кремния и алюминия извлекаются из золы путем сплавления с гидроксидом натрия (NaOH), подвергаясь процессу гидротермального синтеза с раствором NaOH, где происходит образование цеолита [2-4]. Этот процесс происходит при температуре от 60 до 200 °C и имеет несколько переменных

процесса. Установлено, что наиболее важными из них являются: температура и время щелочного плавления, гидротермального синтеза, а также соотношение Si/Al [2,3].

Таким образом, с помощью рентгенофлуоресцентного анализа (РФА) установлено, что есть возможность получения цеолитов из угольной золы, являющейся доступной, особенно в Кемеровской и Свердловской областях. Зола с этих участков имеет хорошее соотношение Si/Al, а также низкую концентрацию железа в своем составе, что благоприятно сказывается на характеристиках получаемых цеолитов [1-3,5].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ЮРЬЕВ И. Ю. Стеновые керамические изделия с использованием микродисперсных алюмосиликатных отходов ТЭС. Томск: Наука, 2013. 23 с.
2. FERNANDES A. d.. Síntese de zeólitas e wolastonita a partir da cinza da casca do arroz. Dissertação (Doutorado em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais) – Programa de Pós-Graduação em Ciências na Área de Tecnologia Nuclear - Materiais, Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, 2006.
3. SABEDOT S. et al. Caracterização e aproveitamento de cinzas da combustão de carvão mineral geradas em usinas termelétricas. Sociedade de Assistência aos Trabalhadores do Carvão (SATC, Criciúma, 2015?).
4. INTERNATIONAL ZEOLITE ASSOCIATION (IZA). Databases. Washington: 2020.
5. КАРТАШОВ К. К. Модернизация котла при переходе на другой тип угля. Томск: Наука, 2017. 96 с.

Пэн Лижу (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна,
к.т.н., доцент

ПРИМЕНЕНИЕ «ЗЕЛеноЙ ХИМИИ» ДЛЯ ЗАЩИТЫ МЕТАЛЛОВ ОТ КОРРОЗИИ

Введение. Исследование процессов коррозии и разработка методов защиты металлов относится к актуальным научно-техническим задачам.

Преимущественно находят применение органические ингибиторы, поскольку они способны образовывать защитные пленки на поверхности металлов. К эффективным органическим ингибиторам относятся вещества, содержащие в своем составе атомы азота, серы и кислорода. Установлено, что для снижения скорости коррозии можно использовать натуральные продукты, растения и их экстракты. Также для улучшения коррозионной защиты в состав ингибиторов можно вводить наночастицы металлов и их оксидов.

Цель работы – провести анализ научных публикаций по современным экологичным методам коррозионной защиты.

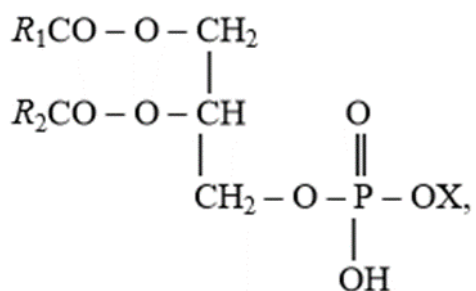
Использование продуктов растительного происхождения для создания ингибиторов коррозии

В исследовании Алмагамбетовой с сотр. [1] использована малоуглеродистая сталь марки Ст3, которая является одним из наиболее часто используемых конструкционных материалов для изготовления различного вида оборудования пищевой промышленности. При этом сталь марки Ст3 является материалом с невысокой коррозионной стойкостью в ряде сред пищевого производства, поэтому зачастую требуется защита от коррозии.

При исследовании использованы растворы органических кислот, таких как лимонная, винная, уксусная, а также соляная кислота как дезинфектор, спирт этиловый, вино виноградное, сироп сахарный. Оценивалась противокоррозионная эффективность ингибиторов на основе растительного сырья: на основе рапса и на основе горчицы. Данные ингибиторы экологичны, сырьевая база достаточно доступна, имеются O-, N-, и S-содержащие соединения в составе сырья, способные к образованию комплексов с оксидами и атомами железа, что способствует созданию условий формирования пассивного состояния поверхности стали.

При повышении температуры от 293 до 333 К степень защиты образца стали марки Ст3 в 1 н растворе соляной кислоты уменьшается при использовании ингибитора в 2,62 раза, концентрата – в 1,69 раза.

В работе [2] использовано нерафинированное рапсовое масло жирно кислотного состава. Содержание природных ингибиторов коррозии металлов – фосфолипидов с условной молекулярной формулой



где R_i – углеводородный радикал, X – заместитель, составляло в РМ порядка 3 мас. %.

Коррозионные испытания проведены при комнатной температуре на образцах стали Ст3. Показано, что данный ингибитор снижает скорость коррозии углеродистой стали почти в 32 раза при содержании в воздухе 1,0 об. % SO_2 и в 4 раза в условиях повышения концентрации оксида серы (IV) до 5,0 об. %.

В работе Бернацкого [3] в качестве растворителя-основы защитной композиции использовано также рапсовое масло. В него вводили фиксированное количество эмульгина. Эмульгин имел следующий компонентный состав, масс. %: первичные алифатические амины фракции C10–C15 – 5...20; первичные алифатические амины фракции C16–C20 – 22...30; вторичные алифатические амины фракции C10–C15 – 12...23; вторичные алифатические амины фракции C16–C20 – 10...26; парафиновые углеводороды фракции C18–C20 – остальное.

Коррозионные испытания проведены при комнатной температуре на шлифованных до 6-го класса чистоты образцах стали Ст3. Было показано, что защитная эффективность состава на базе рапсового масла возрастает по мере увеличения концентрации полифункциональной присадки эмульгин.

Использование наночастиц металлов в качестве ингибиторов коррозии

В работах [4 – 6] авторы использовали частицы оксида циркония в качестве добавки к раствору традиционного ингибитора.

Для приготовления ингибиторов коррозии использовали нанопорошки ZrO_2 и традиционные органические ингибиторы, такие как полиэтиленгликоль (ПЭГ-400) и тиомочевина. Суспензии гидроксидов циркония получали из растворов солей различного состава. Выделение частиц из растворов проводили двумя способами: методом фильтрации (МФ) и нанораспылительной сушкой (НРС) с помощью установки Nanospray Drying B-90.

Полученные растворы ингибиторов обрабатывали ультразвуком (УЗ), для уменьшения агломерации НЧ. Нанесение ингибитора на поверхность стали проводили посредством протирки образцов тканью, пропитанной раствором.

В таблице 1 представлены финальные результаты коррозионных испытания для образцов, обработанных и необработанных ингибиторами на основе наночастиц полученных из разных прекурсоров. Лучшие результаты продемонстрировали ингибиторы коррозии на основе наночастиц оксида циркония, полученные из растворов с лимонной кислотой при помощи распылительной сушки без дополнительной УЗ-обработки.

Таблица 1

Сравнение эффективности ингибиторов на основе ZrO₂ по остаточной массе образцов

Метод получения	Состав раствора для получения частиц ZrO ₂	УЗ-обработка	η, %	
			Т ИО	П ЭГ-400
МФ	ZrOCl ₂ + C ₂ H ₅ OH	–	93,01	94,45
		+	97,75	95,55
НРС	ZrO(NO ₃) ₂ + HCit	–	98,54	99,03
		+	97,38	96,38
	ZrO(NO ₃) ₂ + NaCit	+	96,60	95,49
	ZrOCl ₂ + HCit	+	96,43	95,84
	ZrOCl ₂ + NaCit	+	96,02	95,49

Таким образом, эффективность ингибитора коррозии на основе НЧ ZrO₂, полученных методом распылительной сушки в 2 раза выше, чем для НЧ полученных методом фильтрации для растворов с ПЭГ и в 4,5 раза для растворов с тиомочевинной.

Заключение

Нетоксичные и экологичные ингибиторы можно рассматривать как наиболее важные и полезные как для людей, так и для окружающей среды. Таким образом, можно сделать вывод, что экологичный или зеленый ингибитор, полученный из растительных экстрактов, имеет широкий диапазон и может использоваться в качестве замены опасных и токсичных неорганических и органических химических веществ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. С. Т. Алмагамбетова. Анализ методов противокоррозионного воздействия на защиту оборудования объектов пищевой отрасли //

- Процессы, оборудование и аппараты пищевых производств – Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48. – № 2 – С.129 – 135.
2. Л.Е. Цыганкова, П.Н. Бернацкий, Н.П. Крушатина, Н.В. Шель, Ю.В. Панфилова. Защита углеродистой стали композициями рапсового масла с продуктами очистки отработавших масел от коррозии в атмосферах, содержащих SO₂: – 2012 – Вестник ТГУ – Т.17 – вып.1.
 3. П.Н. Бернацкий. Защита стали в SO₂-содержащей атмосфере ингибированными масляными композициями на основе рапсового масла, содержащими эмульгин: – 2015 – Вестник ТГУ – Т.20 – вып.2.
 4. Егамкулов М.Е., Шевченко И.Н. Влияние УЗ-обработки на свойства ингибитора коррозии на основе наночастиц ZrO₂ // XXI Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 18-21 мая 2020. – Томск: ТПУ, 2020. – принято к публикации
 5. Егамкулов М.Е., Шевченко И.Н., Цзя Лицзе Оценка эффективности ингибитора коррозии на основе наночастиц оксида циркония методом потенциометрии // XXI Международная научно-практическая конференция «Химия и химическая технология в XXI веке», Томск, 18-21 мая 2020. – Томск: ТПУ, 2020. – принято к публикации
 6. Цзя Лицзе, Егамкулов М.Е., Шевченко И.Н. Сравнение эффективности ингибиторов коррозии на основе наночастиц ZrO₂, полученных различными методами // X Всероссийская научно-практическая конференция «Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов», Томск, 22-24 апреля 2020. – Томск, ТПУ.

Синь Ян (Китай), Вэн Линь (Китай), Чжан Лижень (Китай)

Цзилинский университет, Чанчунь, Китай

Томский политехнический университет, Томск

Научный руководитель: Слабухо Олеся Анатольевна

К ВОПРОСУ ОБ ЭФФЕКТЕ МПЕМБЫ

В природе существует множество физических и химических явлений, которые противоречат здравому смыслу и даже науке нашего времени. Так, например, ученый Фуко случайно подтвердил вращение Земли, наблюдая за колебаниями лампы, висящей в церкви, и таким образом изобрёл маятник, который впоследствии был назван его именем. Другие ученые имитировали пилообразную форму листьев для разработки пилы с большей режущей способностью, что повысило эффективность производства. Это лишь несколько примеров, когда изучение природных феноменов помогло людям преодолеть существующие когнитивные ограничения и улучшить жизнь.

Иногда ученые сталкиваются с явлениями, которые они не в силах повторить или объяснить. В данной статье речь пойдет о важном и необычном эффекте Мпембы, названном в честь школьника из Танзании, обнаружившего ещё в 60-х годах XX века, что при определённых условиях жидкость с относительно высокой начальной температурой замерзает быстрее, чем жидкость с низкой начальной температурой. Данное наблюдение заинтересовало профессора физики Дениса Осборна, с которым Эрасто Мпемба совместно провел ряд экспериментов [1].

Исследователи провели множество опытов для измерения времени, необходимого для измерения 50 мл воды при различной температуре до 0°C. Стало очевидным, что с повышением первоначальной температуры скорость охлаждения не уменьшается, а колеблется. Явление Мпембы возникло в контексте одноразового роста этих кривых. Ученые предложили общую формулу, которая лучше подходит к кривой. Стоит отметить, что эффект Мпембы может возникнуть, только если будут выполнены условия, необходимые для достижения конечной цели.

Однако тут есть очевидная проблема – процесс охлаждения воды зависит от разных факторов с большой погрешностью, не говоря уже об объективных фактах невысокого дублирования экспериментов (многие исследователи не заметили явление Мпембы), которые теоретически лишь дополнительно характеризуют это явление, подтверждая лишь результаты, но не объясняя их. [2]

Было зафиксировано, что при температуре воды 43, 47, 53, 64 градуса наблюдается та же скорость охлаждения. Положительный наклон на графике – это диапазон температур, в котором можно наблюдать явление Мпембы.

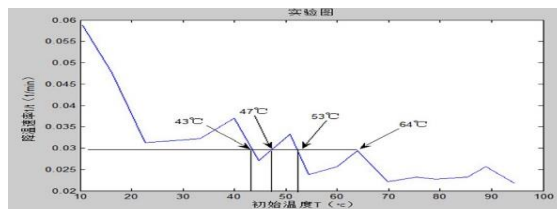


Рисунок 1. Теория периодических возмущений

Несмотря на то, что вышеуказанные результаты относительно близки к экспериментальным данным, теоретические объяснения содержат лишь описание этого явления и не являются поучительными. Конкретные характеристики охлаждения не объясняются на микроуровне.

В мае 2020 года Avinash Kumar & John Vechhoefer добились новых сдвигов на микроуровне в связи с эффектом Мпембы. Было замечено, что преломляющий свет оказывает давление на материал преломляющего света. Кроме того, можно ограничить молекулу очень тонким лучом, чтобы она могла двигаться только в одном потенциальном поле.

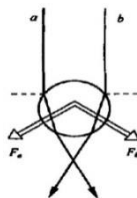


Рисунок 2. Схема принципа оптического пинцета

Оптическую потенциальную энергию можно рассматривать как потенциальное поле, которое удовлетворяет условиям использования уравнения распределения Больцмана. Так при относительно высокой температуре молекулы скорость распределения Больцмана не будет соответствовать теоретическому изображению, а после охлаждения молекулы до заданной температуры распределение Манна будет соответствовать теоретическому изображению. Следовательно, наблюдая за скоростью распределения Больцмана, можно судить, остыла ли молекула до заданной температуры.

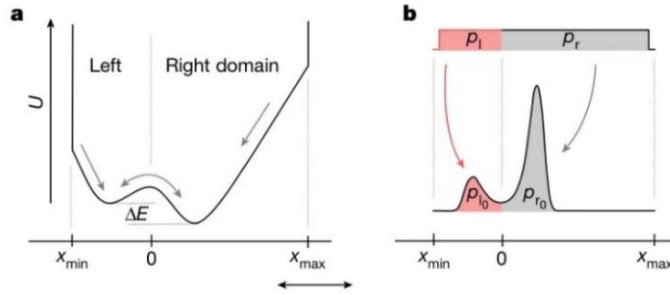


Рисунок 3. Энергетическая потенциальная яма и диаграмма распределения Больцмана

На рисунках видно, что молекулы, охлажденные до заданной температуры, показывают вероятность распределения (график справа).

Затем было использовано уравнение Фоккера-Планка. В нем описывается функция распределения частиц, подвергшихся случайному воздействию силы после изменения положения или скорости в поле потенциальной энергии во времени [1].

$$\frac{\delta f}{\delta t} = - \sum_{i=1}^N \frac{\delta}{\delta x_i} [D_i^1(x_1, \dots, x_N) f] + \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N \frac{\delta^2}{\delta x_i \delta x_j} [D_{ij}^2(x_1, \dots, x_N) f]$$

Исследователи развернули уравнение Фоккера-Планка методом разложения в ряд Тейлора и предположили, что первые два являются определителями [1].

$$p(x, t) \approx \pi(x; T_b) + a_2(\alpha, T_{\text{initial}}) e^{-\lambda_2 t} v_2(x; \alpha, T_b)$$

Где « $p(x, t)$ » является функцией плотности вероятности, указывающей на вероятность (без проведения тензора) молекулы в определенном месте в одномерном пространстве (т.е. в координатах x) и в определенный момент. Интересно отметить, что коэффициент второго пункта a_2 зависит от исходной температуры T_{initial} , что косвенно указывает на важность исходной температуры для скорости охлаждения. Эта формула не является монотонностью с изменением температуры, но основной формулой, объясняющей существование эффекта Мпембы.

Как макро -, так и микроученые дали более подробное описание этого явления, но на самом деле, эффект Мпембы не сработал. Генри К. Берридж и Пол Ф. Линден провели эксперименты с высокоточными измерениями изменения температуры, результаты которых полностью соответствуют элементарным знаниям и существенно отличаются от данных, опубликованных Мпембой в 1969 году.

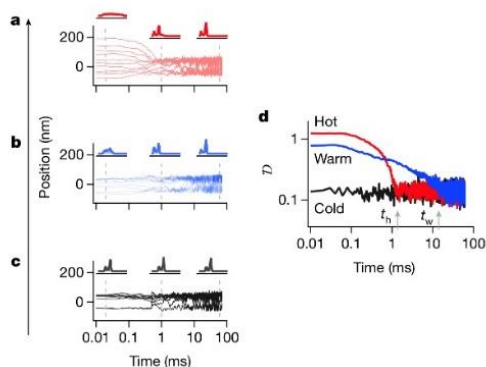


Рисунок 4. Диаграмма распределения Больцмана в эксперименте

На графиках видно, что при температурах тепла (красный; а), тепла (синий; б) и холода (черный; с) начальное распределение Больцмана тепловой системы имеет наибольший разрыв с состоянием равновесия, но состояние равновесия достигается первым.

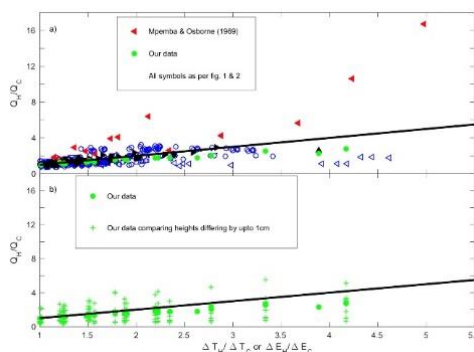


Рисунок 5. Экспериментальные данные, подтверждающие отсутствие эффекта Мпембы

Красные точки – это данные Мпембе, а зеленые точки данных – это данные, полученные экспериментатором, и тенденция данных согласуется со здравым смыслом, согласно которому сначала замерзает холодная вода.

Ученые спорили об этом, потому что если бы этот эффект действительно существовал, то это было бы колоссальным вызовом для важной термодинамической гипотезы квазистатического процесса. Конечно, это также вывело бы термодинамическую теорию на новую высоту. В приведенном выше споре на самом деле может быть неправильное понимание определения эффекта Мпембы. Согласно статье, опубликованной Мпембой, утверждение о том, что «горячая вода замерзает быстрее, чем холодная», неверно. Когда есть некоторый температурный пар, горячая вода замерзает быстрее, чем холодная [3].

Стоит отметить, что аномальное существование эффекта Мпембы было значительно расширено дальнейшими исследованиями ученых. Так, например, некоторые ученые предсказывают обратный эффект Мпембы, при котором холодная вода будет иметь конверсионную скорость нагрева.

Изучив опыт исследователей, нашей группой было решено принять во внимание последствия испарения, так как при различных температурах скорость испарения жидкости неодинакова, а испарение, как сильная конвективная теплообменная теплота, может принести значительный теплообмен. При испарении потеря жидкости и наличие внутренних температурных градиентов могут приводить к неравномерному распределению плотности и, следовательно, к образованию потока. Такое направленное течение может нарушить гипотезу квазистатического процесса.

Для того чтобы решить эту проблему, нами было проведено машинное моделирование и было подтверждено значительное влияние испарения на охлаждение. Для моделирования использовался COMSOL. На левом рисунке можно увидеть результат моделирования первоначального состояния, а на правом – результаты моделирования испарения и его игнорирования.



Рисунок 6. Результаты симуляции

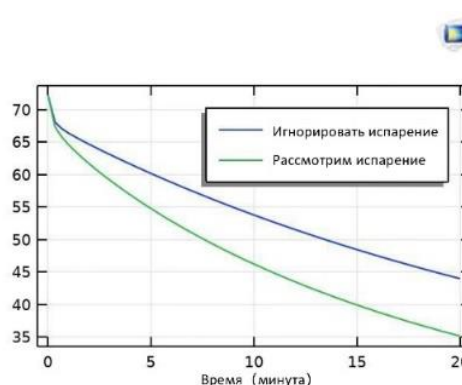


Рисунок 7. Результаты симуляции

По техническим причинам невозможно более детально изучить этот вопрос, и многое еще необходимо рассмотреть. Однако, независимо от того, является ли эффект Мпембы микровеществом или случайностью, вызванной такими факторами, как испарение, эта аномалия может быть хорошо использована, если она будет признана. Например, в пищевой холодильной промышленности могут быть сокращены многие процессы или время охлаждения. Более эффективно может осуществляться также низкотемпературная водородная мишень, необходимая для атомной физики.

Эффект Мпембы не оказывает большого влияния на нашу повседневную жизнь. Возможно, он может только повысить эффективность индустрии быстрой заморозки, но может быть он позволит ученым ускорить скорость нагрева определенных квантовых машин и обойти некоторые ограничения стандартных физических машин.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Kumar, A., Bechhoefer, J. //Exponentially faster cooling in a colloidal system. Nature - 2020. - № 584. - С.64–68.
2. 黄兴奎.基于姆潘巴效应实验的理论分析//荆楚理工学院学报. - 2014. - № 06. - С. 82-86.
3. Jeng, M. The Mpemba effect: when can hot water freeze faster than cold? //Am. J. Phys. - 2006. № 74, С.514 – 522.
4. Mpemba Erasto B.Osborne Denis G.Cool. //Physics Education Institute of Physics. - 1969, № 4, С.172-175.

Сулейман Ранд (Сирия)

Казанский федеральный университет, г. Казань

Научный руководитель: Каюмов Айрат Рашитович
д.б.н., доцент

АНТИМИКРОБНАЯ И АНТИМИКОТИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ПРОИЗВОДНЫХ 2(5Н)-ФУРАНОНА

Ключевые слова: Производные 2 (5Н) -фуранона, Смешанные био- пленки, Противомикробное и противогрибковое действие, *S. albicans*, *S. aureus*, Синергизм.

Введение: Биопленки - сложные микробные сообщества, прикрепленные к поверхностям и погруженные в матрикс внеклеточных полимерных веществ (EPS). Смешанные биопленки *Candida albicans* - *Staphylococcus aureus* проявляют повышенную устойчивость к обычным противомикробным препаратам и часто являются причиной хронических инфекций с высокой смертностью. Новые производные 2 (5Н) - фуранона, содержащие фрагменты 1-ментола (F105) или 1-борнеола (F131), могут быть использованы для повышения эффективности лечения смешанных инфекций *S. aureus* *S. albicans*. Кроме того, широко используется комбинированное применение противомикробных препара-

тов, что увеличивает общую противомикробную эффективность, а также снижает вероятность развития устойчивости к антибиотикам. Целью работы было установить степень синергизма (F105) и (F131) с различными группами антибиотиков и антимикотических средств.

Материалы и методы: Новые производные фуранона F105 и F131 синтезированы в Казанском федеральном университете (Казань, Россия). Штаммы грибов и бактерий были получены из коллекции клинических изолятов Казанского института микробиологии и эпидемиологии (Казань, Россия). Флуконазол и гентамицин использовали в качестве контрольных антимикотических и антибактериальных соединений соответственно. МБК и МПК определяли методом серийного микротитрования. Жизнеспособность грибковых и бактериальных штаммов оценивали по дифференциальному подсчету КОЕ (Drop Plate assay). Синергизм противомикробных препаратов оценивали с помощью метода шахматной доски (Checkboard assay). Биопленки, обработанные противомикробными препаратами в присутствии и в отсутствие фуранона F-105 и F 131, были количественно охарактеризованы с использованием подсчета КОЕ и метаболических тестов (тест с резазурином и МТТ).

Полученные результаты: И F105, и F131 показали МИС 8-16 мкг / мл, и были способны подавлять образование биопленок, а также уничтожать образовавшиеся биопленки. Производные фуранона проявляли синергетический эффект в сочетании с бензалконийхлоридом, флуконазолом и тербинафином с индексом FIC 0,5.

Выводы: Производные фуранона F105 и F 131 обладают многообещающей антибактериальной и противогрибковой активностью в отношении смешанных биопленок *S. aureus* - *C. albicans*. Кроме того, они повышают эффективность противомикробных препаратов против смешанных биопленок *in vitro* и представляют собой привлекательную отправную точку для разработки альтернативных лекарств для лечения кожных инфекций, вызванных смешанными биопленками *Candida*.

Сюй Фаньцзе (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,
к.т.н., доцент

ИЗМЕНЕНИЕ РАСТВОРИМОСТИ НАНОЧАСТИЦ В ВОДНЫХ СРЕДАХ

Введение

В настоящее время наночастицы широко используются в различных отраслях промышленности, например, в катализе [1], в медицине и биоинженерии [2] и в магнитных материалах [3]. При широком использовании наночастиц они неизбежно попадут в окружающую среду и будут накапливаться в поверхностных водах и почве. Как следствие, наночастицы могут оказывать токсичное действие на рыб, водоросли и другие гидробионты [4]. Попадая в водную среду наночастицы изменяют свои физические и или химические свойства и могут растворяться [5], что определяет механизмы токсичного действия наночастиц. Поэтому очень важно изучать растворимость наночастиц в жидких средах, включая поверхностные воды, легочную жидкость, слюну и пот, поскольку реакции растворения и осаждения являются важными этапами в образовании наночастиц.

С учетом сказанного, на первом этапе выполнения нашего проекта была поставлена цель – определить, какие факторы влияют на параметры растворения наночастиц в биологических жидкостях с помощью литературного обзора.

Методология

В рамках поставленной цели в работе был проведен поиск научно-исследовательских статей в периодических изданиях библиотеки www.sciencedirect.com. Поиск статей производили с использованием ключевых слов: наночастицы, растворимость, водный раствор. Изучая статьи, выделяли следующие условия: состав, размер концентрация наночастиц (НЧ), состав и рН водного раствора, методы анализа растворимости и основные полученные результаты, демонстрирующие влияние различных факторов на характеристики растворения в водных растворах. В результате, было проанализировано 3 статьи.

Результаты анализа

Литературный обзор показал, что на растворение НЧ оказывает влияние рН, размер и концентрация частиц, а также природа и концентрация органического вещества в среде растворения. В таблице 1 приведен сравнительный анализ условий и результатов исследований.

Таблица 1

Растворение наночастиц в водных суспензиях

Наночастицы	Условия эксперимента	Результаты	Ссылка
ZnS Размер 1...7 нм	Среда: EDTA (этилендиамин-тетрауксусная кислота) рН = 9...11 1) 1,0 мл ~ 0,01 М ZnS смешали с 0,052 М 0,5 мл EDTA 2) 0,007 М ZnS + 0,017 М EDTA	Скорость растворения увеличивается с уменьшением размера НЧ. Скорость растворения НЧ уменьшается с увеличением значения рН раствора.	[6]
Cu Удельная поверхность 3...1 м ² /г	Среда: DW – дистиллированная вода PS – физиологический раствор ([NaCl]= 9 г/л) PBS – фосфатный буфер ([NaCl]=8,77, [Na ₂ HPO ₄]=1,28 и [KH ₂ PO ₄]= 1,36 г/л рН=7,2 – 7,4	Факторами, влияющими на высвобождение металла из частиц, являются размер и морфология частиц. Перед достижением условий устойчивого состояния скорость высвобождения меди снижалась в соответствии со следующей последовательностью: <8 мг / см ² в час в ALF, <0,5 мг / см ² в час в искусственном потоотделении и растворе Гэмбла и <0,08 мг/см ² в час в PBS.	[5]
Cu C@Cu Размер 25 нм	Среда: СТАВ 0,09 мМ (бромид цетилтриметил-аммония) В присутствии и в отсутствие гуминовых кислот (ГК) [ГК]= 0...15 мг/л [Cu]= 100 мг/л, УЗ (30 Вт, 10 мин)	Растворимость НЧ снижалась с ростом рН для Cu (0,5...50%) и C@Cu (0,5...40%). Растворимость Cu- C@-Cu больше, чем для Cu при рН=7. Увеличение концентрации ГК при рН=5,5 подавило агрегацию, но усиливало растворение Cu НЧ	[7]

Из данных анализа видно, что при увеличении рН среды растворимость НЧ в водном растворе может уменьшаться. Например, растворимость НЧ ZnS в слабощелочном растворе EDTA выше, чем в кислом [6]. Это связано с тем, что кислотность среды влияет на диссоциацию, протонирование и гидроксिलирование ионных групп, высвобождаемых при растворении НЧ, а, следовательно, на свободную энергию границы раздела фаз, на которой протекает растворение.

Также размер частиц, влияя на общую свободную поверхностную энергию НЧ, изменяет движущую силу растворения НЧ. В ряде работ показано, что НЧ малого размера имеют тенденцию больше растворяться чем НЧ большего размера. Например, для ZnS НЧ в растворе EDTA частицы с радиусом >3 нм не будут растворяться, а частицы с радиусом < 1 нм будут растворяться [6].

Для всех изученных порошков и сред процесс извлечения меди сильно зависит от времени и свойств наночастиц [5]. Через 48 ч в раствор выделялось значительно меньше ионов меди по сравнению с 24 ч. Это может быть связано с образованием продуктов коррозии или отложением Ca и P на поверхности, поскольку эти продукты станут препятствием для растворения меди. Более того, наиболее важными факторами, влияющими на высвобождение металлов из частиц, являются размер и морфология частиц, которые определяют растворимость частиц.

Экспериментально установлено, что состав поверхности НЧ имеет большое влияние на растворимость. Результаты показывают, что легирование железом оказывает большое влияние на растворение FeO. Из-за увеличения реакционной способности в нейтральной среде и увеличения площади поверхности после легирования Fe, выщелачивание меди из легированных НЧ ускоряется. Уменьшение общей плотности частиц приводит к более медленному осаждению легированных железом НЧ CuO, чем это возможно. Следовательно, чем больше примесей в водной среде, тем ниже растворимость НЧ [7].

Заключение

Таким образом, на основе литературного обзора было показано, что растворимость увеличивается с уменьшением размера наночастиц, уменьшением значения рН раствора, с увеличением удельной поверхности и уменьшением времени. Полученные результаты являются хорошими предпосылками для планирования экспериментальных работ по изучению растворимости наночастиц, а также для прогнозирования растворимости и токсичности наночастиц при их попадании в водные среды окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Li Z., Shanks B. H. Role of Cr and V on the stability of potassium-promoted iron oxides used as catalysts in ethylbenzene dehydrogenation // *Applied Catalysis A-general*. – 2011. – Vol.405. – P. 101-107.
2. Laurent S., Forge D., Port M. Magnetic iron oxide nanoparticles: synthesis, stabilization, vectorization physicochemical characterizations, and biological applications // *Chemical Reviews*. – 2008. – Vol.108. – P.20643.
3. Zhongrong G., Yu L, Renjie Y. Research status and application prospects of magnetic core-shell nanocomposites // *School of Mechatronic Engineering*. – 2014. – Vol.33. – C. 730-070
4. Adeyemi S.A., Suman P., Lutz M., Arturo A.K. Influence of nanoparticle doping on the colloidal stability and toxicity of copper oxide nanoparticles in synthetic and natural waters // *Water Research*. – 2018. – Vol.132. – P. 5106-5131.
5. Abzhanova D., Godymchuk A., Gusev A., Kuznetsov D. Exposure of nano- and ultrafine Ni particles to synthetic biological solutions: predicting fate-related dissolution and accumulation // *European Journal of Nanomedicine*. – 2016. – Vol.8. –P.203-212.
6. Zhang H., Chen B., Banfield J.F. Particle size and pH effects on nanoparticle dissolution // *The Journal of Physical Chemistry*. – 2010. – Vol.114(35). – P.14876-14884.
7. Wen T., Zhangfeng Z., Shengpeng W., Zhanwei S., Xian Y., Xiaodong H., Yitao W. Berberine regulated lipid metabolism in the presence of C75, compound C, and TOFA in breast cancer cell line MCF-7 // *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*. – 2015. – Vol.2015. – P. 396035.

Тодороски Кирил (Республика Македония)

Казанская государственная академия ветеринарной
медицины имени Н.Э. Баумана, г.Казань

Научный руководитель: Ежкова Асия Мазетдиновна
д. б. н, профессор.

МЕХАНИЗМ ДЕЙСТВИЯ НАНОЧАСТИЦ ПРИРОДНЫХ МИНЕРАЛОВ НА ЭМБРИОНАЛЬНОЕ РАЗВИТИЕ УТОК

Нанотехнологии стали одними из самых перспективных технологий, способных революционизировать традиционную науку о животноводстве, эмбриологии, кормовых и пищевых технологиях. В исследованиях многих ученых показано, что препараты содержащие в своём составе активные наночастицы, положительно влияют на эмбриональное развитие, здоровье и продуктивность животных и птиц[1,2,3,5].

Индийский департамент зоологии, исследовал влияние наночастиц титаниума диоксида, на эмбриональное развитие кур. Установлено, что частицы титаниума диоксида с размером 86,6 нм проникают через поры скорлупы и все оболочки до эмбриона и вызывают омфалоцеле[4].

В связи с проблематикой которая часто появляется при инкубации яиц и связана с недостатком минеральных веществ, впервые проведём эксперимент, который поможет предоставить все необходимые минеральные вещества для нормального развития эмбриона.

Цель нашей работы – разработка нового препарата и дополнение механизма его действия на эмбриональное развитие уток.

После изготовления препарата будут изучены его токсикологические и фармакологические свойства.

Ожидаемые результаты. Создание препарата на основе природных минералов, который в будущем будет использоваться в животноводстве для предотвращения пороков, связанных с недостатками минералов. Определение оптимальной дозы используемого препарата и сроков его применения в период эмбрионального развития.

Экспериментальные работы будут проводиться на базе Казанской государственной академии ветеринарной медицины имени Н.Э. Баумана, г. Казань, в период сентябрь-декабрь 2021 года.

На проведение этого эксперимента, получен внутренний академический грант в марте 2021 года.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Насонова, Д. Нанотехнологии в животноводстве [Электронный ресурс]/Д. Насонова // Крестьянские ведомости. – 2013. – Режим

- доступа: <http://kvedomosti.ru/newsshow.php?Nid=58392>(Дата обращения:10.04.2015)
2. Ezhkova, A.M. Fabrication of nanoscale bentonite, study of its structure and toxic properties, and determination of safe doses /A.M. Ezhkova, A.Kh. Yapparov, V.O. Ezhkov, I.A. Yapparov, N.L. Sharonova, I.A. Degtyareva, N.Sh. Khisamutdinov, L.M. -Kh. Bikkinina // Nanotechnologies in Russia, January 2015, Volume 10, Issue 1-2, pp. 120-127.
 3. He, X. Nanotechnology in food science: functionality, applicability, and safety assessment / X. He, Huey-Min Hwang. // Journal of food and drug analysis, 2016. – V. 11. – P. 1-11.
 4. Scientific reports, TiO₂ nanoparticles induce omphalocele in chicken embryo by disrupting Wnt signaling pathway// URL: <https://www.nature.com/articles/s41598-018-23215-7.pdf> (датаобращения 19.03.2018).
 5. Srinivas, K. Sustainable agriculture based on nanotechnology /K. Srinivas // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences, 2016. – V.7. – №5. – P. 1681-1689.

Турманов Рахымжан Ахметханович (Казахстан)

Казанский национальный исследовательский
технологический университет, г. Казань

Научный руководитель: Бурилов Александр Романович,
д. х. н., профессор

**СИНТЕЗ НОВЫХ ФОСФОРИЛИРОВАННЫХ
2-(ГЕТ)АРИЛПИРРОЛИДИНОВ НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ
ПРОИЗВОДНЫХ 4,4-ДИЭТОКСИБУТАН-1-АМИНА С
С-НУКЛЕОФИЛАМИ**

Одним из наиболее привлекательных классов гетероциклических соединений являются производные пирролидина, поскольку его структурный фрагмент входит в состав многих известных биологически активных соединений. Среди природных соединений, включающих в свою структуру фрагмент пирролидина являются алкалоиды [1], таких как никотин, преуссин, гигрин, русполинон, кускогигрин и т.д., обладающие различной биологической активностью. Пирролидиновый цикл встречается практически в каждом живом организме в виде аминокислоты пролина, которая является обязательным строительным блоком

пептидов и белков [2,3]. Следует отметить, что пирролидины являются одним из наиболее часто встречающихся гетероциклических фрагментов в лекарственных препаратах [4].

Особый интерес вызывают производные пирролидина, имеющие в своём составе фосфорорганический фрагмент [5,6].

Взаимодействие синтезированных ацеталей 1, с различными С-нуклеофилами осуществлялось при эквимольном соотношении реагентов в безводном хлороформе в присутствии трифторуксусной кислоты при комнатной температуре. Продуктами реакции оказались неизвестные ранее фосфорилированные пирролидины 2. Таким образом, кислотно-катализируемая реакция производных 4,4-диэтоксипутан-1-амина с различными нуклеофилами в мягких условиях позволяет получать новые фосфорилированные производные пирролидина [7–9].

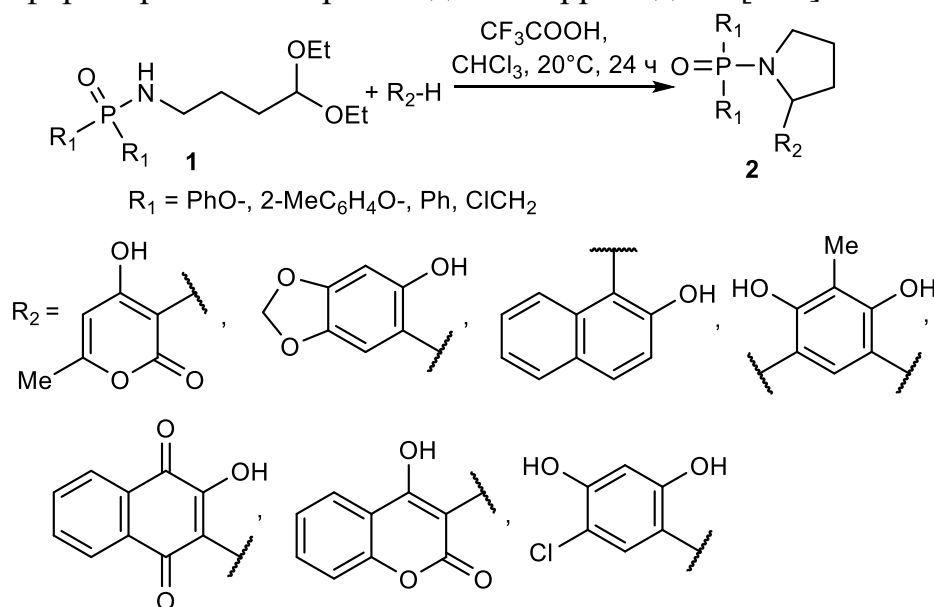


Рисунок 1

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Massiot G., Delaude C. Chapter 3 Pyrrolidine Alkaloids. 1986. P. 269–322.
2. Szabados L., Savouré A. Proline: a multifunctional amino acid // Trends Plant Sci. 2010. Vol. 15, № 2. P. 89–97.
3. MacArthur M.W., Thornton J.M. Influence of proline residues on protein conformation // J. Mol. Biol. 1991. Vol. 218, № 2. P. 397–412.
4. Haria M., Balfour J.A. Levetiracetam // CNS Drugs. 1997. Vol. 7, № 2. P. 159–164.

5. Smolobochkin A. V. et al. N-Phosphorylated Pyrrolidines: An Overview of Synthetic Approaches // *Synthesis (Stuttg)*. 2020. Vol. 52, № 15. P. 2162–2170.
6. Gazizov A.S. et al. Synthesis of Phosphaproline Derivatives: A Short Overview // *Synthesis (Stuttg)*. 2019. Vol. 51, № 18. P. 3397–3409.
7. Smolobochkin A. V. et al. 2-(Het)aryl- N-phosphorylpyrrolidines via Cyclization of Phosphorus Acid Amides: A Regioselective Approach // *ChemistrySelect*. 2020. Vol. 5, № 39. P. 12045–12050.
8. Smolobochkin A. V. et al. One-pot imination / Arbuzov reaction of 4-aminobutanal derivatives: Synthesis of 2-phosphorylpyrrolidines and evaluation of anticancer activity // *Tetrahedron*. 2020. Vol. 76, № 33. P. 131369.
9. Smolobochkin A. V et al. Synthesis of novel 2-hetarylpyrrolidines via the reaction of N-(4 ,4-diethoxybutyl) amidophosphates with C-nucleophiles // *Chem. Heterocycl. Compd*. 2020. Vol. 56, № 10. P. 1363–1365.

Ф.С. Фиша (Южная Африка), С.Л. Добрянская, Д.А. Соколов
Новосибирский государственный аграрный университет,
Институт почвоведения и агрохимии Сибирского отделения
Российской академии наук, г. Новосибирск

ОЦЕНКА БИОЛОГИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ ГУМИНОВЫХ ВЕЩЕСТВ ДЛЯ БИОМЕЛИОРАЦИИ ТЕХНОГЕННЫХ ЛАНДШАФТОВ

Аннотация

В работе показана комплексная оценка влияния различных гуминовых препаратов на рост и развитие растений в условиях техногенно - нарушенного ландшафта Кузбасса. По результатам проделанной работы авторы выявили, что применение гуминовых препаратов способствует стабилизации экологического состояния ландшафтов.

Ключевые слова: гуминовые вещества, биологическая активность, техногенный ландшафт, мелиорация.

Антропогенная деятельность, такая как добыча полезных ископаемых и строительство дорог, может привести к преобразованию естественных ландшафтов в техногенные ландшафты. Это угрожает биоразнообразию и отсутствию продовольственной безопасности. Гуминовые

вещества получали из бурых углей стандартных сортов (БУТС) и их естественно окисленных форм (БУТСО).

Горнодобывающая промышленность является жизненно важной составляющей экономики многих стран мира. Кроме того, многие страны Африки, Азии и Европы полагаются на угольные шахты для поставки угля для производства электроэнергии [2, 5]. С другой стороны, добыча полезных ископаемых привела к серьезным экологическим воздействиям, таким как формирование естественных ландшафтов в деградированные техногенные ландшафты [3, 4, 6]. Кроме того, плодородная почва обычно теряется или покрывается отходами во время добычи полезных ископаемых [1]. Это может привести к утрате биоразнообразия и отсутствию продовольственной безопасности. В этом контексте очевидно, что техногенные ландшафты необходимо рекультивировать, а отходы угольной промышленности использовать повторно. В данном исследовании гуминовые вещества извлекаются из отходов бурых углей и используются для восстановления техногенного ландшафта.

Цель исследования - выявить возможности использования гуминовых веществ, извлеченных из бурых углей, в качестве биостимулятора для увеличения роста растений и восстановления техногенных ландшафтов. Основная задача исследований - оценить эффективность различных модифицированных гуминовых веществ в улучшении роста овса и вики в техногенном ландшафте угледобывающей зоны.

Исследования проводились на полигоне, ранее прошедшем техническую рекультивацию, в районе Заречного угольного разреза ОАО «Сибирская угольная энергетическая компания» в г. Киселевске Кемеровской области России. Экспериментальные площадки были представлены следующими субстратами: суглинистые породы, смесь торфяных и суглинистых пород, техногенный элювий и плодородный слой почвы. Однако в данном исследовании мы сосредоточились только на двух субстратах, на суглинистых породах (ППП) и смеси торфяных почв и суглинистых пород (торф + ППП).

Гуминовые вещества получали из бурых углей стандартных сортов (БУТС) и их естественно окисленных форм (БУТСО). Также из других углей месторождения Тулган Южно-Уральского бассейна.

Для эксперимента было выбрано шесть различных обработок гуминового вещества. В связи с этим были выбраны гумусовые бурые угли Тисульского месторождения Канк-Ачинского бассейна (БУТС), бассейн их естественно окисленной формы (БУТ). Кроме того, гуматы натрия (HumNa) и калия (Hum K) из различных образцов бурого угля были получены осаждением из щелочного раствора с добавлением соляной кислоты. Модификацию гуминовых веществ проводили добавле-

нием микроэлементов - меди и цинка - в гумат Hum Na (БУТС). Были приготовлены гуминовые вещества различной концентрации (Hum Na БУТС + Cu 0,006%; Hum Na БУТС; Hum Na БУТС+ Zn 0,006%; Hum K БУТСО; Hum Na БУТ30; Hum Na БУТ31).

Для полевых опытов семена вики (*Vicia villósa*) и овса (*Avéna satíva*) замачивали на 24 часа в гуминовых веществах. В качестве контроля использовали дистиллированную воду в том же объеме, что и в вариантах с гуминовыми веществами. Перед замачиванием семян гуминовые препараты разбавляли до 0,02%.

Эксперимент проводили в пяти повторностях на делянках площадью 2 м². Научно- исследовательскую работу выполняли на двух разных техногенных субстратах, в первом варианте использовали смесь торфяных почв и суглинистых пород, во втором- суглинистые породы.

Эффективность гуминовых веществ с точки зрения биоремедиации техногенных почв оценивалась по их влиянию на урожай овса и вики.

По результатам проведенной работы можно отметить, что шесть различных гуминовых веществ повлияли существенно на рост надземной фитомассы вики и овса. Результаты показали, что на территории, где преобладает смесь торфа и суглинистых пород, только HumNa ВУТСО и HumNa ВУТ31 оказали положительное влияние на надземную фитомассу вики и овса (рис.1). Кроме того, результаты показали, что на участке техногенного ландшафта с преобладанием суглинистых пород все шесть гуматов положительно влияли на надземную фитомассу вики и овса. В ходе проделанной работы выявили, что что гуматы натрия из Тисульского месторождения (HumNa ВУТС) имеют максимально положительный эффект по сравнению с другими используемыми гуматами.

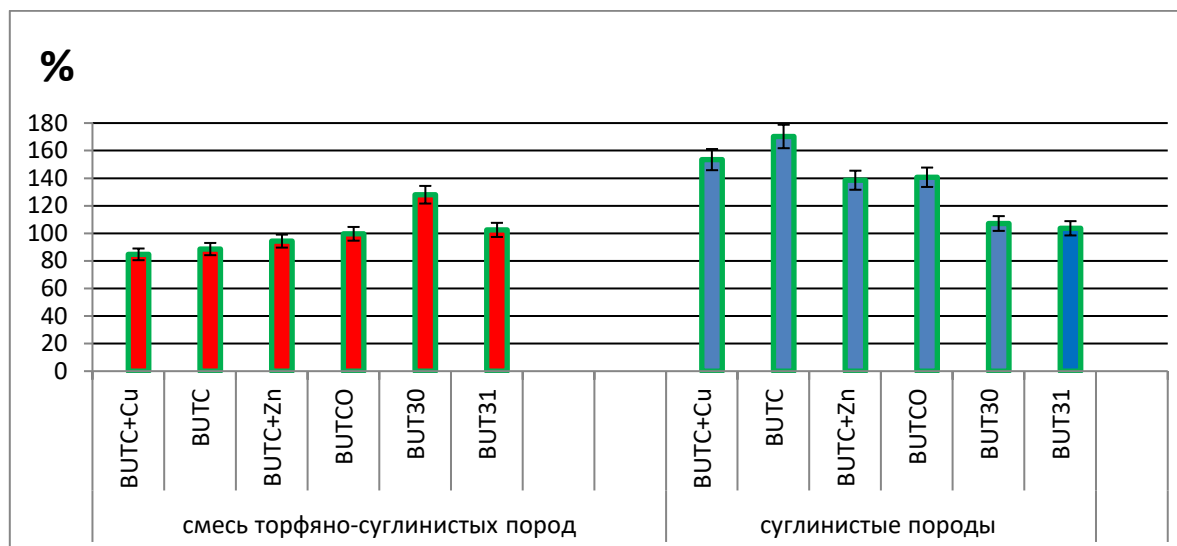


Рисунок 1. Надземная фитомасса Вика и овса в процентах относительно 100% контрольной обработки

График демонстрирует эффективность различных гуминовых веществ на надземной фитомассе вики при измерении без стручков. Результаты показывают, что на участке техногенного ландшафта, где преобладает смесь торфа и суглинистых пород, все гуматы положительно влияли на надземную фитомассу вики при измерении без стручков. Более того, гумат натрия (HumNa BUT30), извлеченный из углей месторождения Тулган, имел больший положительный эффект по сравнению с другими гуматами, использованными в исследовании.

Кроме того, вика, посеянные на участке техногенного ландшафта с преобладанием суглинистых пород, показала, что четыре гумата из шести гуматов положительно влияли на надземную фитомассу при измерении без стручков. Отрицательный эффект наблюдался при использовании гуматов натрия из углей Тулганских отложений (HumNa BUT 30, HumNa BUT31). (рис.2).

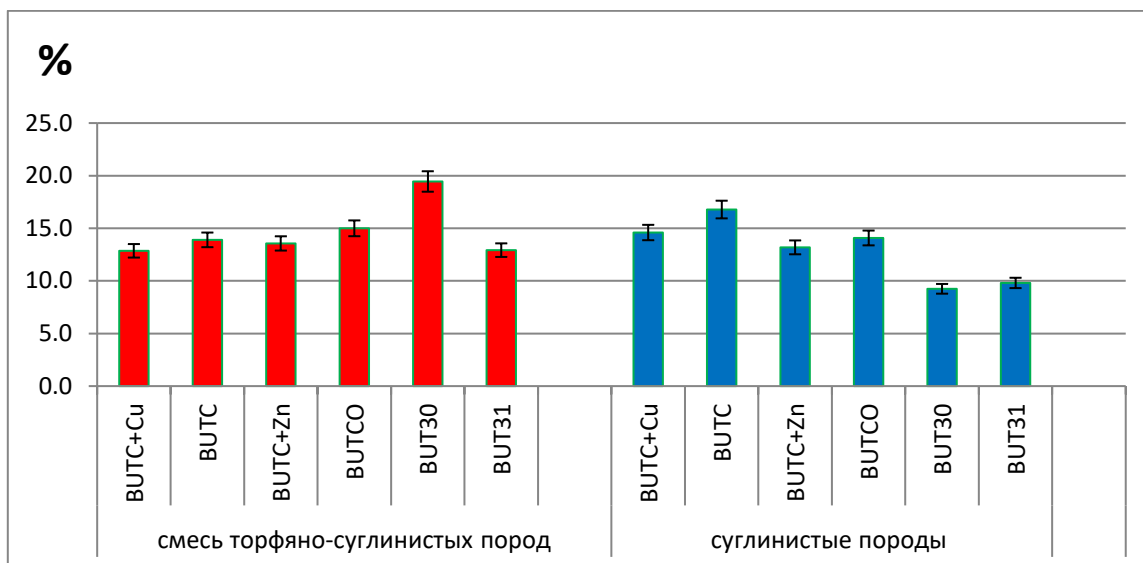


Рисунок 2. Надземная фитомасса Вики без стручков относительно 100% контрольной обработки

Наконец, эффективность различных гуминовых веществ наблюдалась в зависимости от веса стручков вики (рис.3). Наблюдения проводились за массой стручков, собранных на участке техногенного ландшафта, где преобладает смесь торфяных почв и суглинистых пород. Было обнаружено, что все шесть различных гуматов положительно влияют на вес стручков вики. Кроме того, сообщалось, что HumNaBUT30 имел более сильный положительный эффект, чем другие гуматы. Аналогичные результаты наблюдались в области техногенного ландшафта с преобладанием суглинистых пород.

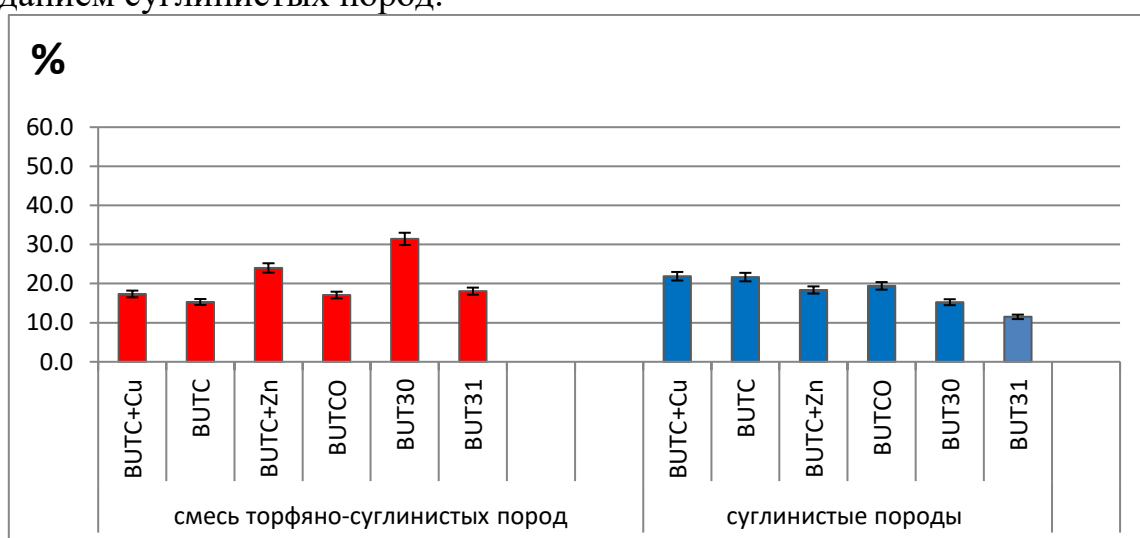


Рисунок 3. Вес стручков вика в процентах по отношению к 100% контролю

На основании представленных результатов установлено, что разные гуминовые вещества из разных угольных месторождений по-разному положительно влияют на рост и развитие растений в условиях техногенного ландшафта. Это доказывает, что гуминовые вещества, извлеченные из угля, могут быть использованы для биоремедиации техногенных ландшафтов, а также могут улучшить рост сельскохозяйственных культур в садах, на фермах и т. д.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бин-юань Х. и Ли-Сюнь. 2014. Мелиорация шахтных земель и экологическая реконструкция в провинции Шаньси: модель рекультивации шахтных земель // Научный мировой журнал: 2-9.
2. Фонг С.С., Сенг, Л. Чонг, В.Н., Использование, Дж., Мухаммад Ф.М.Н., Паузан, А.С.М. 2006. Характеристика гуминовых кислот, полученных из угля из Мука, Саравак, в качестве кондиционера почвы. Журнал Бразильского химического общества 17 (3): 12-14
3. Гисладоттир, Г. и Стокинг, М. 2005. Контроль за деградацией земель и глобальные экологические выгоды // Деградация земель и развитие 16: 99-112.
4. Кирилов И. и Банов М. 2016. Рекультивация земель, нарушенных горнодобывающей деятельностью в Болгарии // Сельскохозяйственная наука и технология 8 (4): 339-346.
5. Николетт, Э.Р., Овербек, Г.Э., и Мюллер, С.С., 2017. Деградация в результате добычи угля должна быть приоритетом при планировании восстановления // Перспективы в экологии и диалог 15 (13): 202-205.
6. Таннер, П. 2007. Руководство по реабилитации заминированных земель // Ассоциация Coaltech Research и Горнодобывающая палата Южной Африки: 3-20.

Хэ Яньни (Китай)

Томский политехнический университет, Томск

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,
к.т.н., доцент

ВЛИЯНИЕ СОСТАВА СРЕДЫ И РАЗМЕРА ЧАСТИЦ НА АГРЕГАЦИЮ НАНОЧАСТИЦ CU

Введение

Наночастицы меди (Cu) имеют большие перспективы в антибактериальных [1], коррозионностойких [2] и смазочных материалах [3]. Благодаря широкому применению все больше наночастиц производится и, соответственно, может попасть в окружающую среду и влиять на окружающую среду, включая простейшие организмы [4], бактерии [5] и растения [6].

Растения являются наиболее важным звеном в экосистеме, и подвержены сильному негативному влиянию наночастиц. Например, показано, что при воздействии наночастиц CuO размером 30-50 нм может предотвратить рост помидоров и повлиять на длину корней и стеблей [6]. В другой работе [7] показано, что наночастицы CuO размером 23-37 нм могут снизить поглощение мышьяка в зерна риса, тем самым снижая воздействие мышьяка на человека. Поэтому изучение влияния наночастиц меди на корнеобразование растений очень важно для прогнозирования их опасности.

Биологические свойства наночастиц тесно связаны со степенью агрегации, которой они подвергаются при попадании в среду прорастания и образуя водные суспензии. Например, гуаровая камедь эффективно предотвращает агрегацию наночастиц железа, снижая размер от 500 до 200 нм, даже при очень высоких концентрациях соли (0,5 м NaCl и 3 мМ CaCl₂) [8]. Однако, не смотря на имеющиеся данные о коллоидных свойствах наночастиц в жидких средах, их крайне недостаточно, чтобы прогнозировать свойства наночастиц в биологической среде.

Целью данной работы является изучение влияния размера наночастиц и состава дисперсионной среды на коллоидные свойства наночастиц меди.

Экспериментальная часть

В качестве объектов исследования мы выбрали промышленные наночастицы меди (Cu), полученные с помощью электрического взрыва проводников (ООО «Передовые порошковые технологии», г. Томск, Россия). В эксперименте они были обозначены как Cu-50, Cu-100 и Cu-200, где число означает средний размер частиц согласно данным произ-

водителей. Определение микроструктурных характеристик поверхности нанопорошка меди производилось с помощью растрового электронного микроскопа Philips SEM 515.

В работе использовали три физиологических раствора: водный раствор глюкозы, фосфатный буферный раствор (PBS) и воду (табл.1). Растворы приготавливали путем растворения указанных в таблице химических веществ в дистиллированной воде [9]. Срок хранения модельных растворов не превышал 24 ч.

Таблица 1
Состав синтетических биологических растворов [10]

Состав	Содержание компонента, г/л	
	Физиологический раствор	Изотонический раствор глюкозы
Хлорид натрия	8,77	-
КН ₂ РО ₄	1,36	-
Гидрофосфат натрия	1,28	-
С ₆ Н ₁₂ О ₆ ·Н ₂ О	-	45
рН	6,2	7,2-7,4

На основе приготовленных растворов и наночастиц Си готовили суспензии с концентрацией 500 мг/л. Для взвешивания использовали аналитические весы ALC-210D4 (Acculab, Германия, точность ± 0,0001 г).

Измерения проводили на дифракционном анализаторе размеров частиц SALD-7101 (Shimadzu, Япония), снабженного лазером, принцип работы которого основан на статическом рассеянии лазерного света с длиной волны $\lambda=375$ нм. Размер частиц регистрировали каждые 5 минут в течение часа при постоянном перемешивании и УЗ обработке (40 Вт). Результатом измерения являются данные для построения кривых распределения частиц по размерам в диапазоне 10 нм...300 мкм. Обработку данных эксперимента использовали программу Excel версия 2019 Microsoft Windows.

Результатом измерения являлась кривая распределения частиц по размерам. Полученные экспериментальные результаты использовали для расчета среднего размера частиц по формуле (1):

$$d_{cp} = \sum d \frac{q(\%)}{100(\%)} \quad (1)$$

Результаты и их обсуждение

Согласно данным сканирующей электронной микроскопии (рис.1а-в) частицы имеют близкую к сферической форму. Обработка изображений показала, что выбранные частицы Cu-50, Cu-100 и Cu-200 имели средний размер 93 ± 44 , 124 ± 47 и 147 ± 81 нм, соответственно.

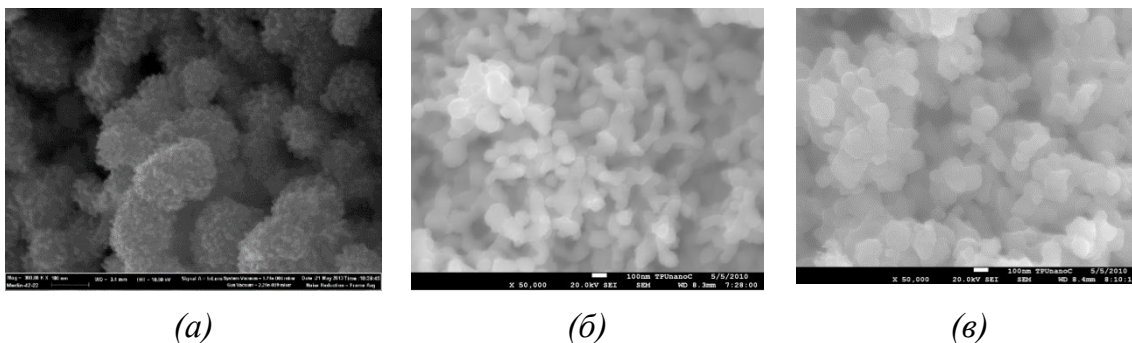


Рисунок 1. Микрофотографии частиц Cu-50 (а), Cu-100 (б) и Cu-200 (в).

Далее с помощью метода лазерной дифракции было установлено, что при попадании в воду все выбранные наночастицы меди подвергаются сильной агрегации. Например, в суспензии наночастиц Cu-50 (размер 93 нм по СЭМ) в воде образуются агрегаты с размерами от 0,933 до 244,11 мкм (рис.2а), а в физрастворе от 0,33 до 199 мкм (рис.2б).

Влияние размера частиц было показано на примере сравнения распределения частиц. Видно, что на диапазон распределения выбранных наночастиц меди в растворе глюкозы исходный размер не оказывает значительного влияния. Так, для частиц Cu-50, Cu-100 и Cu-200 диапазон распределения составляет 0,05...87 (рис.3а), 0,12...107 (рис.3б) и 0,27...87 мкм (рис.3в), соответственно.

Далее показано, что состав среды оказывают влияние на агрегацию наночастиц в воде. Например, средний размер частиц Cu-50 уменьшается в ряду растворов «вода > физраствор > раствор глюкозы» и составляет 46...40...28 мкм, соответственно. Следовательно, при добавлении электролитов и других веществ агрегация уменьшается.

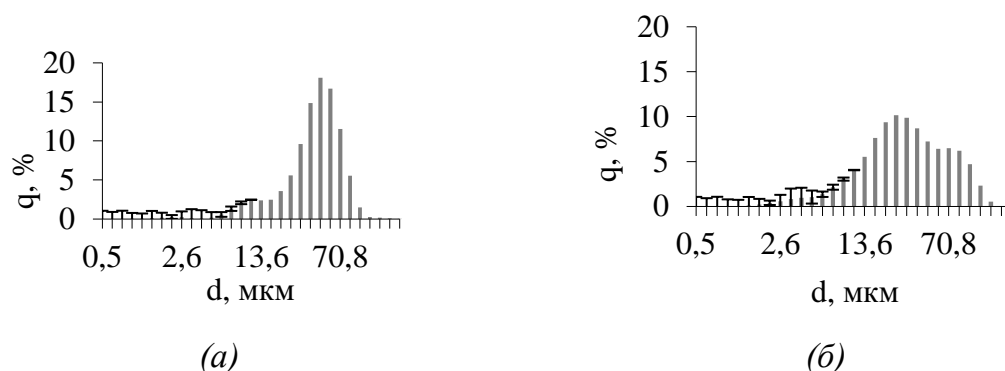


Рисунок 2. Распределение частиц по размерам для Си-50 в воде (а) и PBS (б)

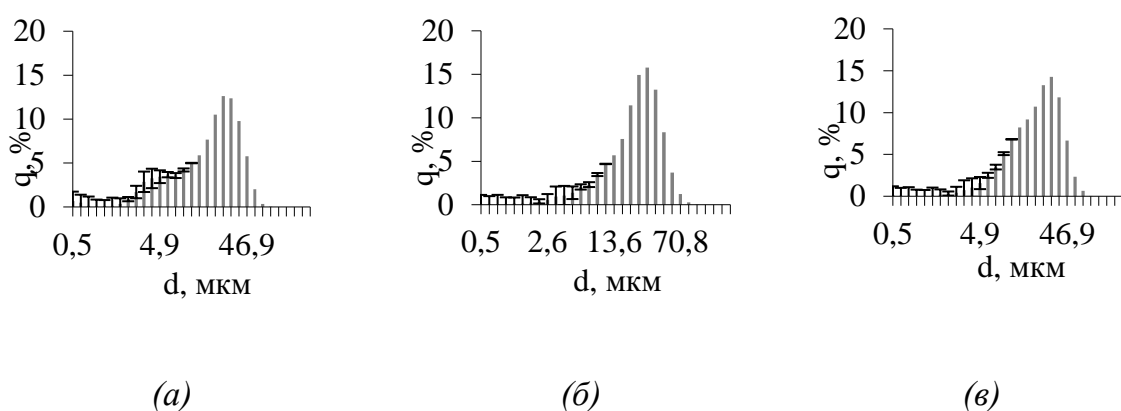


Рисунок 3. Распределение частиц по размерам для Си-50 (а), Си-100 (б) и Си-200 (в) в растворе глюкозы

Заключение

Дисперсионный анализ наночастиц Си с использованием метода лазерной дифракции показал, что электровзрывные наночастицы с размером 50...100...200 нм подвергаются сильной агрегации в водных суспензиях. При этом показано, что агрегация слабо зависит от размера наночастиц, но ослабляется в ряду растворов «вода > физраствор > раствор глюкозы».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ali B. R., Majid M., Mahnaz M.R., Low toxic antibacterial application with hydrophobic properties on polyester through facile and clean fabrication of nano copper with fatty acid // Materials Science and Engineering. – 2019. – Vol.97. – P.177-187.
2. Zhao M., Xue-feng Z., Jingchao Z., Bin H., Yun Y. Application study of nano-copper based composite anti-friction coating for corrosion re-

- sistant couplings // *Journal of Petroleum Science and Engineering*. – 2017. – Vol.157. – P.1143-1147.
3. Yue Z., Kai F., Chengwu Y., Pulin N., Jian H., Zhuguo L. Microstructure and tribological properties of laser cladded self-lubricating nickel-base composite coatings containing nano-Cu and h-BN solid lubricants. - 2019. - Vol.359. - P.485-494.
 4. H. Liu, X. Wang, Y. Wu, J. Hou, S. Zhang, N. Zhou, X. Wang, Toxicity responses of different organs of zebrafish (*Danio rerio*) to silver nanoparticles with different particle sizes and surface coatings // *Environmental Pollution*. – 2019. – Vol.246. – P.414-422.
 5. Raquel V., Manuel A., Erland B., David F., Comparing the effect of Cu-based fungicides and pure Cu salts on microbial biomass, microbial community structure and bacterial community tolerance to Cu // *Journal of Hazardous Materials*. – 2021. – Vol.409. – P.304-310.
 6. Rajput V., Minkina T., Fedorenko A., Sushkova S., Mandzhieva S., Lysenko V., Duplii N., Fedorenko G., Dvadnenko K., Ghazaryan K. Toxicity of copper oxide nanoparticles on spring barley (*Hordeum sativumdistichum*) // *Science of the Total Environment*. – 2018. – Vol.645. – P.1103-1113.
 7. Jing L., Birendra D., George P. Cobb. Copper oxide nanoparticles and arsenic interact to alter seedling growth of rice (*Oryza sativa japonica*) // *Chemosphere*. – 2018. – Vol.206. – P.330-337.
 8. Tiraferri A., Chen K.L., Sethi R., Elimelech M. Reduced aggregation and sedimentation of zero-valent iron nanoparticles in the presence of guar gum // *Journal of Colloid and Interface Science*. – 2008. – Vol.324. – № 1-2. – P.71-79.
 9. ГОСТ 6709-72. Вода дистиллированная. Технические условия.
 10. Midander K., Wallinder I., Leygraf C. In vitro studies of copper release from powder particles in synthetic biological media // *Environmental Pollution*. – 2007. – Vol.145. – P.51-59.

Цзи Синьюй (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск
Научный руководитель: Воронова Гульнара Альфридовна,
к.т.н., доцент

ПОЛУЧЕНИЕ АНОДНОГО ОКСИДА АЛЮМИНИЯ

Введение. Пористые пленки анодного оксида алюминия, получаемые электрохимическим окислением (анодированием) металла в кислых растворах электролитов, являются ярким примером пространственно-упорядоченных структур, имеющих важное практическое значение в современной науке и технике.

Самым перспективным способом получения является электрохимическое анодирование алюминия.

Электрохимическое анодирование алюминия

Заготовка погружается в термостатируемую ванну с электролитом и служит анодом.

На катоде происходит реакция восстановления, которая обычно производит водород.

1. Электрохимическая полировка алюминиевых пластин

1 Этап: подготовка поверхности металлического алюминия методом электрохимической полировки

Непосредственно перед процессом анодирования была проведена электрохимическая полировка образцов в растворе H_3PO_4 (85% по объему) + CrO_3 при напряжении 12В в течение 15 минут.

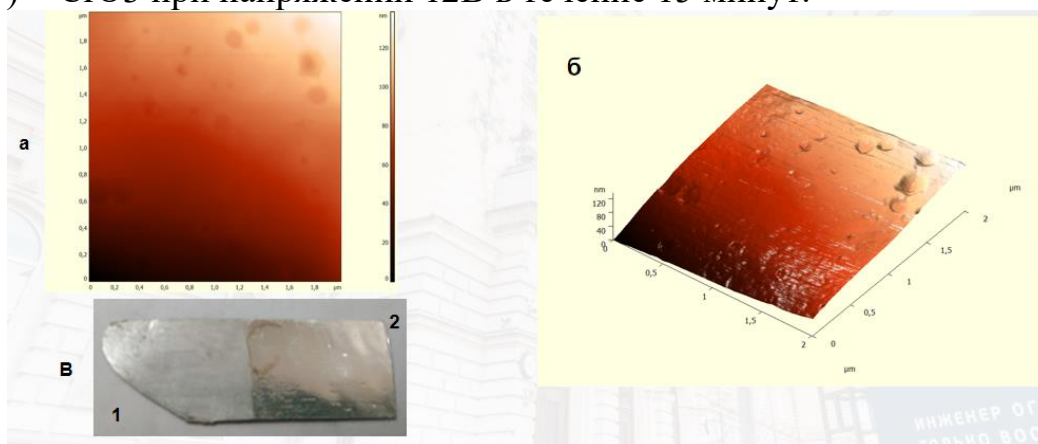


Рисунок 1. АСМ изображение поверхность электрохимически полированного алюминия: а) 2D, б) 3D, в) внешний вид пластинки алюминия: 1- неполированная поверхность, 2 – зеркальная поверхность, подвергшаяся электрополировке

Анодирование алюминия

Анодирование проводилось в химическом стакане в охлаждающей рубашке (со льдом / водой) для поддержания температуры процесса. Образец помещали в середину стакана, для обеспечения электрического контакта между образцом и источником питания использовали медную пластину. Анод и катод располагаются напротив друг друга на расстоянии 10 мм в параллельных плоскостях. Перемешивание во время анодирования было необходимым и проводилось непрерывно с использованием магнитной мешалки, чтобы температура была устойчивой по объему и поры росли одинакового размера. В эксперименте проводилось анодирование алюминия в щавелевой кислоте.

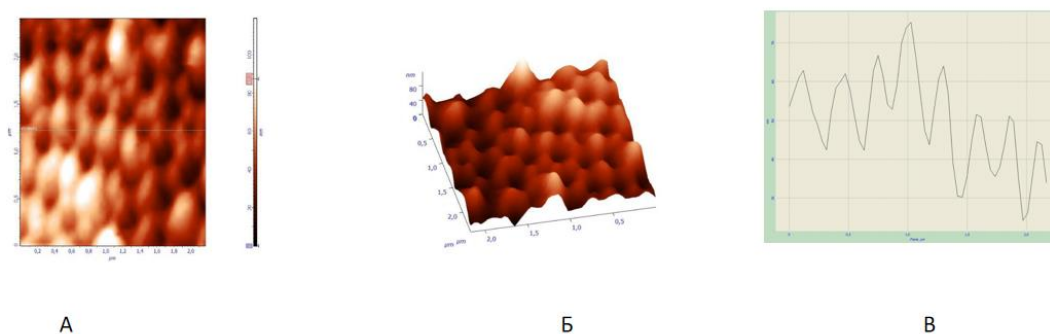


Рисунок 2. Поверхность АОА после 2 стадии анодирования в 2D (А) и 3D (Б), и профиль поверхности по линии (В). Изображение получено на АСМ Ntegra Aura в Наноцентре ТПУ. Изображение обработано в программе Image Analysis

Заключение

1. По изображениям АСМ поры анодного оксида алюминия окисления в щавелевой кислоте имеют неправильную форму, и не существует упорядоченности.
2. Результаты определяются концентрацией раствора, величиной напряжения, формой образца, температурой и др.
3. Регулирование этих факторов влияет на получение требуемого размера и формы пор.

Цзян Цэ (Китай)

Московский государственный университет
имени М. В. Ломоносова, г. Москва

Научный руководитель: Пичугина Дарья Александровна,
д. х. н., доцент

АКТИВАЦИЯ АРОМАТИЧЕСКОГО СПИРТА НА КЛАСТЕРАХ ЗОЛОТА: СТРУКТУРНЫЙ И ЗАРЯДОВЫЙ ЭФФЕКТ

Окисление спирта является важной реакцией в органической химии. Это сложный процесс с точки зрения зеленой химии. Традиционные методы окисления спиртов включают применение токсичных окислителей и вредных органических растворителей, часто проходят при высокой температуре. В этой связи разработка альтернативных экологических подходов данного процесса является актуальной задачей.

В настоящий момент проводится разработка катализаторов окисления алифатических и ароматических спиртов. Исследованы каталитические свойства наночастиц золота в этом процессе. Показаны, что они активны и селективны. Но их свойства зависят от размера частиц, метода приготовления катализатора, типа носителя. Механизм реакции и природа активных центров наночастиц золота в окислении спиртов точно не установлены.

Современным подходом для изучения механизма каталитических реакций является квантово-химическое моделирование. Этот теоретический подход позволяет рассчитать структуру возможных интермедиагов, рассчитать термодинамические и кинетические параметры отдельных стадий.

В работе проведено изучение первой стадии каталитического окисления ароматического спирта на наночастицах золота на примере взаимодействия фенилэтанола-2 с кластерами Au₂₀ и Au₂₀⁺. Так как в кластере есть атомы с разным координационным числом, можно установить, какие атомы золота наиболее активны в адсорбции фенилэтанола.

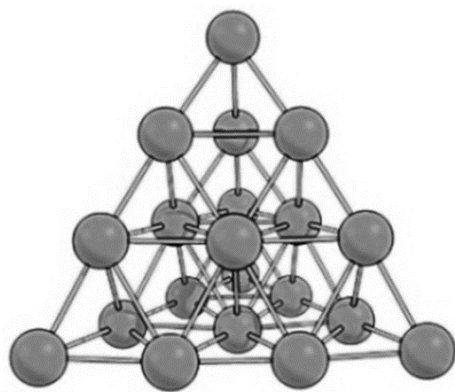


Рисунок 1. Оптимизированная структура кластера Au₂₀.

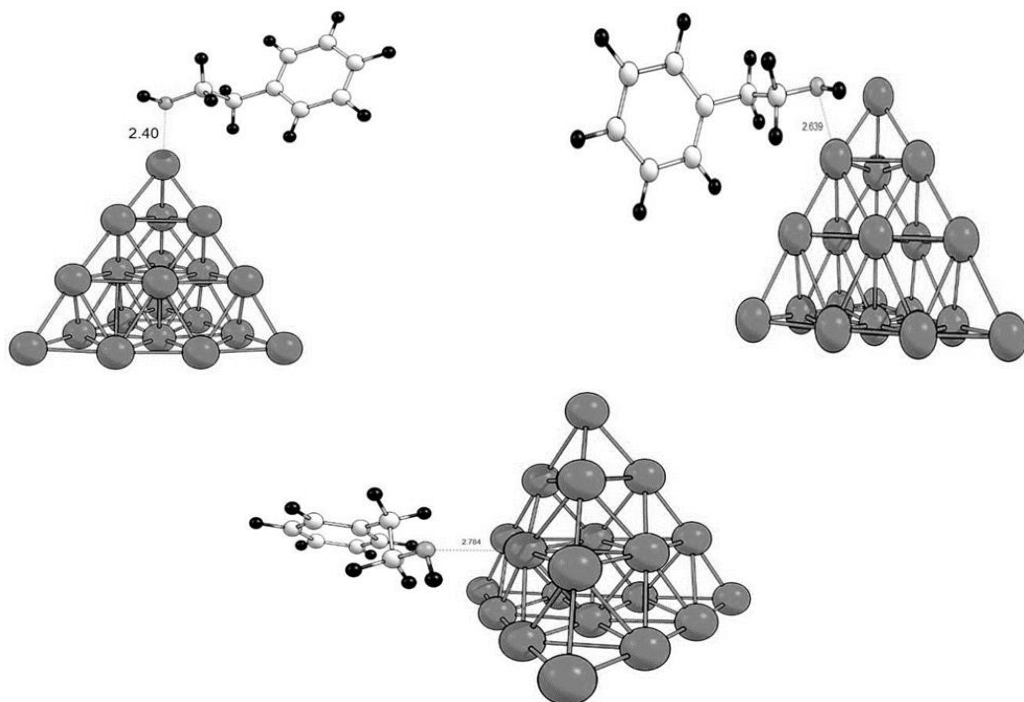


Рисунок 2. Оптимизированные структуры комплексов фенилэтанол-Au₂₀ (координация OH- группой).

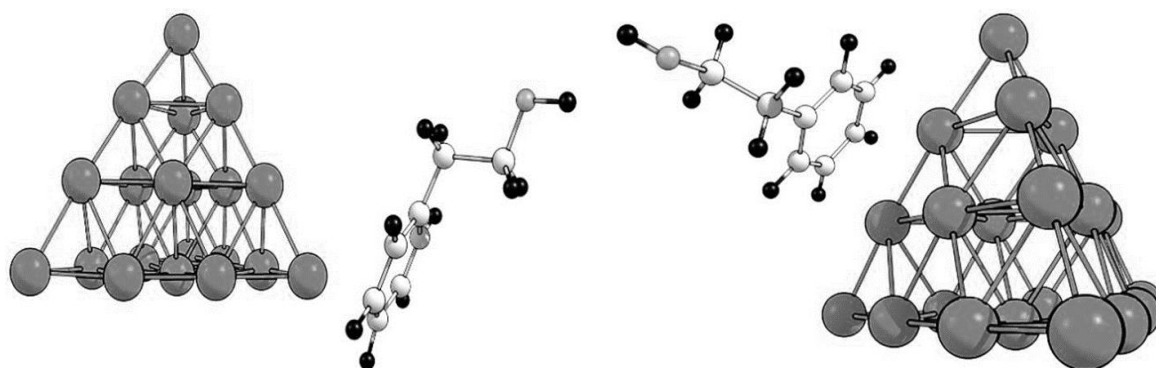


Рисунок 3. Оптимизированные структуры комплексов фенилэтанол-Au₂₀ (координация фенильным фрагментом).

Для каждого комплекса было рассчитано изменение энергии и изменение энтальпии при его образовании из нейтрального кластера и фенилэтанола. Полученные значения представлены в таблице 1. Из представленных данных следует, что наиболее выгодно спирту связываться с атомом золота в вершине кластера. При этом координация ОН-группой будет наиболее выгодной. Стоит отметить, что во всех случаях рассчитанные изменения энергии соответствует физической адсорбции.

Когда спирт координируется на кластере через бензольный фрагмент, энергии адсорбции уменьшаются на всех атомах Au₂₀ по сравнению с координацией ОН-группы. Среди двух различных способов координации алкоголя (ОН- или C₆H₅-), координация с группой ОН является предпочтительной. В этом случае низкокоординированные атомы золота наиболее активны в активации спирта.

Затем было изучено, как катионные центры золота влияют на адсорбцию спирта. Для этого детально изучена реакция фенилэтанола-2 с положительно заряженным тетраэдрическим кластером золота. Взаимодействие фенилэтанола-2 с кластером Au₂₀⁺ рассматривалось в двух вариантах: (группой ОН или фенильным фрагментом).

Можно заметить, что энергия связи спирта с заряженным кластером значительно превышает значение, рассчитанное для нейтрального кластера. Как и для Au₂₀, фенилэтанол с Au₂₀⁺ предпочитает связываться с атомом золота в вершине. Изменение энергии при его адсорбции на ребре и грани ОН-группой существенно отличаются. Следовательно, на Au₂₀⁺ структурный эффект проявляется значительней, чем на Au₂₀.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 团簇物理的新进展 (I) - 中国知网 // 物理学进展. 1994. № 02. P. 121–172.
2. Ferrando R., Jellinek J., Johnston R.L. Nanoalloys: From theory to applications of alloy clusters and nanoparticles // Chemical Reviews. American Chemical Society, 2008. Vol. 108, № 3. P. 845–910.
3. Baletto F., Ferrando R. Structural properties of nanoclusters: Energetic, thermodynamic, and kinetic effects // Rev. Mod. Phys. American Physical Society, 2005. Vol. 77, № 1. P. 371–423.

Чжао Чжэнчуань (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна,
к.т.н., доцент

ВЛИЯНИЕ КОНЦЕНТРАЦИИ ГУМИНОВЫХ КИСЛОТ НА ОСАЖДЕНИЕ НАНОЧАСТИЦ

Введение

В результате потенциального попадания промышленных наночастиц в окружающую среду, их поведения в воде представляет значительный интерес для экологов. Есть данные, что наночастицы оксидов металлов (например, SiO_2 , TiO_2 , ZnO , Fe_2O_3) могут проникать в организм человека и вызывать воспаление клеток и тканей [1-3]. Более того, промышленные наночастицы могут попадать в водную среду, поэтому потребление питьевой воды может стать важным путем воздействия наночастиц на человека [4]. Поэтому изучение поведения наночастиц в окружающей среде очень актуально.

Из литературы известно, что коллоидные свойства наночастиц тесно связаны с их токсичностью, как показано на примере наночастиц TiO_2 [5] и SiO_2 [6]. При этом коллоидные свойства наночастиц в поверхностных водах сильно зависят от размера и свойств поверхности наночастиц [7], а также от наличия и концентрации гуминовых кислот в среде [8]. Однако, не смотря на актуальность, экспериментальных данных о поведении наночастиц крайне недостаточно.

Целью данного исследования было показать влияние концентрации гуминовых кислот на осаждение наночастиц в водной суспензии.

Экспериментальная часть

В работе исследовали наночастицы гематита ($\alpha\text{-Fe}_2\text{O}_3$) производства компании Nanografi, Турция. Частицы имели средний размер 33 нм согласно данным просвечивающей электронной микроскопии (ПЭМ, микроскоп VEGA3, Tescan, Чехия) [9].

В исследовании готовили сток-суспензию путем смешивания 20 мг частиц (весы ALC-110d4 Acculab, Россия, точность $\pm 0,0001$) в пластиковом стакане с 50 мл дистиллированной воды ($\text{pH}=6,5\pm 0,6$, проводимость 0,2 мкС, Аквадистиллятор ДЭ-4 ТЗМОИ, Тюмень Медико, Россия). Параллельно приготовили водные растворы гуминовых кислот с концентрациями 0, 10⁻⁵, 10⁻⁴ и 10⁻³ г/л путем разбавления препарата («Гумостим» – торфяной гуминовый препарат, полученный перекисно-аммиачным гидролизом низинного осокового торфа месторождения «Темное» Томской области в Сибирском НИИ сельского хо-

зьяства и торфа [10]. Он характеризуется следующими показателями: рН – 6,3, содержание гуминовых кислот – $40,8 \pm 4,1$ мг/л, фульвокислот – $4,14 \pm 0,41$ мг/л, фенольных соединений – 0,09 мг/л.). В приготовленные растворы кислот добавляли 50 мл сток-суспензии наночастиц и подвергали обработке в ультразвуковой ванне ГРАД 28-35 (Grade Technology, Россия, 55 Вт) в течение 15 мин.

Осаждение наночастиц в приготовленных суспензиях изучали через изменение коэффициента светопропускания (T , %), измеренного с помощью спектрофотометра PD-303 (Arel, Япония) при 340 нм в течение 78 мин (ΔT , %).

Результаты и обсуждение

В работе экспериментально показано, что исследуемые частицы Fe_2O_3 в водной суспензии осаждаются. Об этом свидетельствует изменение коэффициента светопропускания (рис.1). Например, в водной суспензии величина T изменяется от 1 до 2% в течение 60 мин. При этом видно, что кинетика изменения коэффициента светопропускания меняется при добавлении гуминовых кислот. Если в воде величина T изменяется линейно в течение часа, то в 10-5 г/л растворе с кислот на кривой можно выделить три этапа: 0...15 мин ($T \sim const$), 20...40 мин (ступенчатый рост T) и 40...78 мин ($T \sim const$). Отмечено, что после 40 мин в растворе гуминовых кислот независимо от концентрации величина T не меняется, то есть суспензии характеризуются высокой стабильностью и наночастицы не осаждаются.

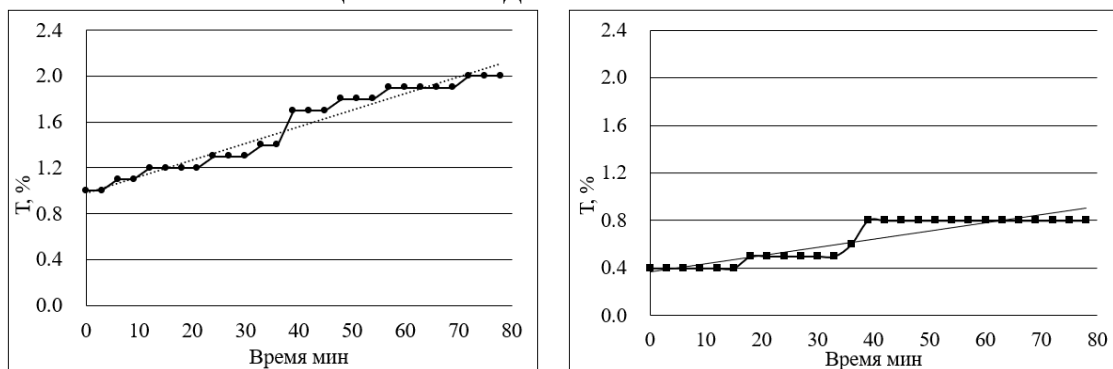


Рисунок 1. Кинетика изменения коэффициента светопропускания (T , %) суспензий наночастиц суспензия в воде (вода) и в растворе гуминовых кислот с концентрацией 10-5 г/л (гуминовые кислоты)

Далее, расчет скорости осаждения, выражаемой в изменении оптических свойств суспензии (ΔT , %), показал, что добавление небольших количеств гуминовых кислот значительно снижает скорость осаждения наночастиц Fe_2O_3 . Например, при концентрации 10-5 г/л гуминовых кислот величина ΔT уменьшается в 2,5 раза по сравнению с водой (рис.

2). По всей видимости, молекулы кислот легко адсорбируются на поверхности наночастиц, способствуя, как их стерической, так и электрокинетической стабилизации.

Далее показано, что увеличение концентрации гуминовой кислоты оказывает слабое влияние на скорость осаждения. Например, в ряду концентрации кислот $10^{-5} \dots 10^{-4} \dots 10^{-3}$ скорость осаждения меняется на 0,4...0,4...0,3%, соответственно (рис.2).

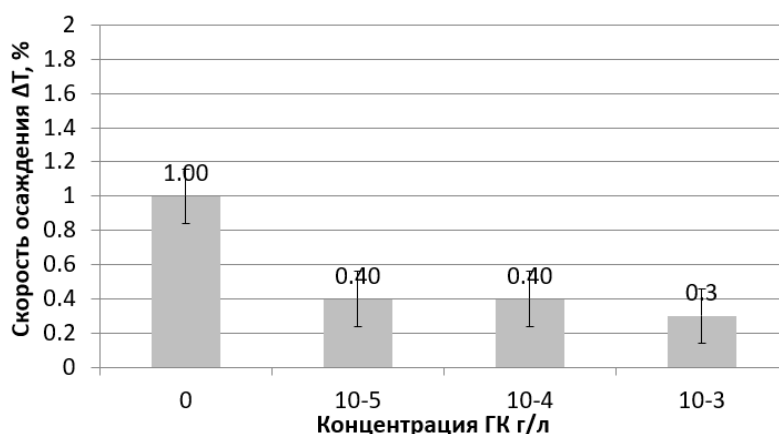


Рисунок 2. Влияние концентрации гуминовых кислот на скорость осаждения (ΔT , %)

Заключение

Таким образом, в работе на примере промышленных наночастиц Fe₂O₃ со средним размером 33 нм с помощью метода спектрофотометрии показано, что добавление гуминовых кислот в концентрации 10⁻⁵ г/л в водные суспензии наночастиц после ультразвуковой обработки приводит к снижению скорости осаждения наночастиц в 2,5 раза. Также показано, что увеличение концентрации гуминовых кислот в растворе от 10⁻⁵ до 10⁻³ г/л имеет слабое влияние на седиментационные свойства суспензий на основе наночастиц Fe₂O₃.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brunner T.J., Wick P., Manser P., Spohn P., Grass R.N., Limbach L.K., Bruinink A., Stark W.J. In vitro cytotoxicity of oxide nanoparticles: comparison to asbestos, silica, and the effect of particle solubility // Environmental Science and Technology. – 2006. – Vol.40. – P.4374-4381.
2. Jeng H.A., Swanson J. Toxicity of metal oxide nanoparticles in mammalian cells // Journal of Environmental Science and Health. – 2006. – Vol.41. – P.2699-2711.

3. Tran C.L., Buchanan D., Cullen R.T., Searl A., Jones A.D. Donaldson K. Inhalation of poorly soluble particles II. Influence of particle surface area on inflammation and clearance // *Inhalation Toxicology*. – 2000. – Vol.12 – P. 1113-1126
4. Tagawa M., Gotoh K., Yokokura M., Syutoh A., Takechi S. Influence of surface properties of particles on their adhesion and removal // *Colloid and Polymer Science*. – 1989. – Vol.267. – P.434-439.
5. Christophe P., Stephane J., Role of electrostatic interactions in the toxicity of titanium dioxide nanoparticles toward *Escherichia coli* // *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*. – 2012. – Vol 92(1). – P.315-321
6. Soyoung L., Hui-Suk Y., The comparative effects of mesoporous silica nanoparticles and colloidal silica on inflammation and apoptosis // *Biomaterials*. – 2011. – Vol 32. – P.9434-9443
7. Xuan Li., John J. Lenhart., Aggregation and dissolution of silver nanoparticles in natural surface water // *Environmental Science and Technology*. – 2012. – Vol 46(10). – P.5378-5386
8. Shao-Wei B., Imali A. M., Aggregation and dissolution of 4 nm ZnO nanoparticles in aqueous environments: influence of pH, ionic strength, size, and adsorption // *Langmuir*. – 2011. – Vol.27(10). – P.6059-6068
9. Чжао Ч. Влияние времени ультразвуковой обработки на агрегацию частиц в водной суспензии // Труды X Всероссийской научно-практической конференции "Научная инициатива иностранных студентов и аспирантов российских вузов", 22-24 апреля 2020 г., г.Томск: Изд-во ТПУ, 2020, С. 233-237.
10. Касимова Л.В. Способ получения стимулятора роста растений Патент РФ 2213452, приор. От 06.06.2001г.

Экенма-Джонас Джастис (Нигерия)

Пермский государственный национальный
исследовательский университет, г. Пермь

Научный руководитель: Карасева Татьяна Владимировна
д.г.-м.н., профессор

НЕФТЕГАЗОНОСНОСТЬ ПРОВИНЦИИ ДЕЛЬТЫ РЕКИ НИГЕР

Аннотация: В статье рассматривается нефтегазовый потенциал провинции дельты реки Нигер. Особое внимание уделяется третичной нефтяной системе Аката-Агбада, которая является основным источни-

ком углеводородов в провинции. Показано, что провинция до сих пор остается перспективной на поиски углеводородов.

Ключевые слова: залив, провинция, депоцентр, коллектор, ловушка, месторождение.

Согласно нефтегазогеологическому районированию дельта реки Нигер относится к нефтегазоносной провинции периокеанических впадин Западной Африки и расположена в Нигерии. Провинция дельты р. Нигер находится в нефтегазоносном бассейне Гвинейского залива, включающего побережье Кот- д'Ивуара, Ганы, Того, Бенина, Нигерии и Камеруна.

С эоценовой эпохи и до настоящего времени дельта двигалась на юго-запад, формируя пояс залежей, которые представляют наиболее активную часть дельты на каждом этапе своего развития. Эти пояса залежей формируют одну из крупнейших регрессивных дельт в мире значительной площадью и объемом осадка 500 000 км³ при мощности осадочных пород более 10 км в депоцентре бассейна [1].

Провинция дельты р. Нигер занимает площадь 300 тыс. км². В провинции выделяется лишь одна нефтяная система система [2]. Эта система называется третичной нефтегазоносной системой Аката -Агбада. Материнские породы представлены формацией Аката Коллекторами обнаруженной нефти являются песчаные породы на протяжении всей формации Агбада. Коллекторами необнаруженной нефти в нижних продуктивных интервалах и в удаленных частях дельты, могут служить турбидитовые пески в формации Аката. Максимальная протяженность данной системы совпадает с границами провинции. В общем генерация углеводородов в формации Аката началась в эоцене и продолжается до сих пор. Береговая часть провинции дельты реки Нигер схематически изображена на рис.1. Достаточная протяженность нефтяной системы определяется широким развитием месторождений, запасы которых составляют 34,5 млрд. баррелей (4826,5тонн) нефти, что делает провинцию одной из крупнейших в мире.

Северная граница провинции – это Бенинский склон, восточная и северо-восточная линии определены обнажением меловой платформы на горе Абакалеке и далее к востоку и юго-востоку в сторону Калабарского склона, который граничит с расположенной рядом докембрийской платформой [3].

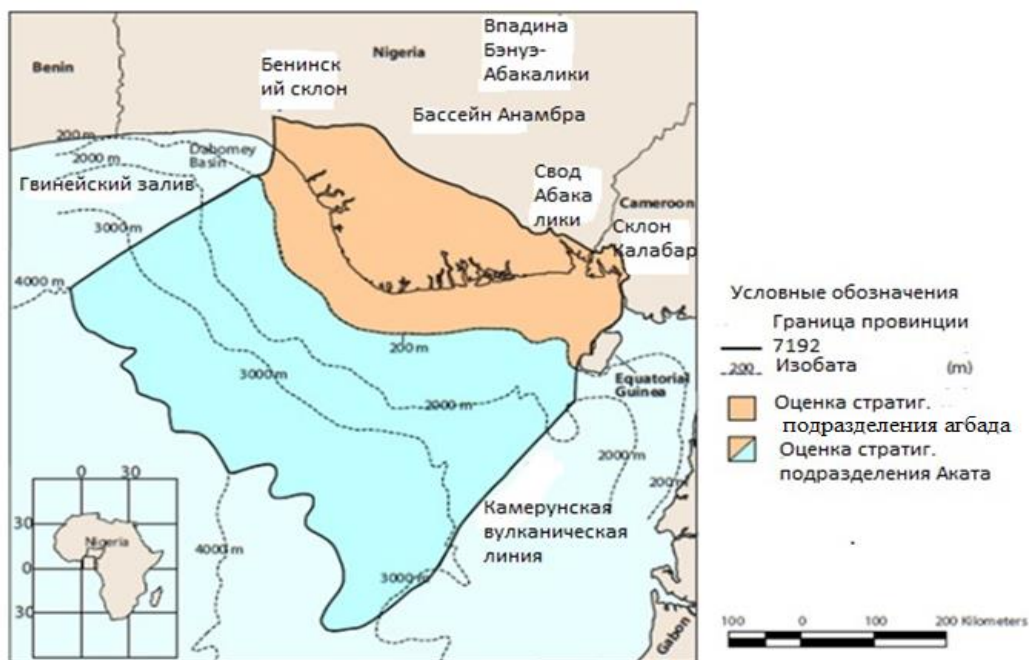


Рисунок 1. Карта расположения района исследования дельты реки Нигер [3]

Морская граница провинции контролируется Камерунской вулканической линией на востоке, восточной границей бенинского бассейна на западе (самая восточная Западно-африканская пассивная окраина с трансформным сдвигом) и двухкилометровой изопакитой осадочного слоя или 4000-метровой изобатой на юге и юго-западе в районах, где мощность осадочного слоя составляет более 2-х км.

Месторождения в целом по Нигерии расположены как на суше, так и в акватории Гвинейского залива, на расстоянии 10—20 км от берега при глубинах моря от 8 м до 20 м. Открыто более 280 нефтяных и нефтегазовых месторождений, а также 5 газовых месторождений. В основном месторождения мелкие, лишь 11 месторождений имеют начальные запасы свыше 50 млн. т (Бому, Рика Имо, Окан, Мерен, Оломоро, Дельта, южный Дельта, Экпе, Убит, Йокри и др.). Месторождения многопластовые, глубина залегания продуктивных пластов на суше составляет 1500 – 2000 м, на шельфе 2500 – 3600 м. Коллекторы нефти и газа, главным образом, представлены миоценовыми песчаниками свиты Агбада (пористость до 40%), в меньшей степени песчаниками свиты Бенин. Встречаются ловушки структурного типа, а также тектонически экранированные. Многие месторождения нефти имеют газовые шапки. Нефть малосернистая, с высоким содержанием парафина, плотность изменяется в широких пределах: от 832кг/м³ до 920 кг/м³.

Одним из крупных является месторождение Бому (запасы нефти 75 млн. т), расположенное в 50 км к юго-востоку от г. Порт-Харкорт. Мощность продуктивных песчаных пластов составляет более 120 м. За первые 7 лет эксплуатации, начиная с 1960 г., оно дало 20 млн. т нефти.

Наиболее крупным морским нефтяным месторождением является месторождение Окан (запасы 67 млн. т). Здесь продуктивны отложения палеогена и миоцена на глубине до 2000 м. Начальные дебиты достигли 450 т/сут. В настоящее время добыча нефти на морских площадях значительно превышает добычу на месторождениях суши. Крупными являются также нефтяные месторождения Оломоро, Кав-торн-Чанэл.

Среди провинций с высокими запасами нефти, оцененных Американской геологической службой, провинция дельты реки Нигер занимает 12-ое место [3]. Она содержит 2,2 % всего мирового запаса разведанной нефти и 1,4 % всего мирового запаса газа.

Нефтяные и газовые месторождения дельты реки Нигер встречаются в крупных, относительно простых структурах и приурочены к периконтинентальному Нижненигерскому грабену. Рассматриваемая территория образована кайнозойскими терригенными отложениями мощностью свыше 8000 м, несогласно залегающими на меловых отложениях мощностью свыше 6000 м [4]. Залежи нефти и газа связаны с отложениями миоцена и палеогена, приурочены к пологим локальным поднятиям субширотного простирания длиной от 5 км до 15 км. Начальные дебиты нефти колеблются от 100 т/сут до 400 т/сут. Глубина залегания продуктивных горизонтов изменяется от 1500 м до 4000 м.

Поиски и разведка залежей нефти и газа в настоящее время активно продолжаются, особенно это касается глубоководных районов побережья. В настоящее время правительство Нигерии собирается предлагать шесть дополнительных участков глубиной 3000 м. Учитывая последние открытия месторождений нефти и газа, общий коэффициент успеха разведочного бурения на перспективные структуры достигает 45%.

Таким образом, одна из крупных нефтегазоносных провинций мира, провинция дельты реки Нигер, до сих пор остается перспективной на открытие новых залежей углеводородов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Barker, C., Thermal Modelling of Petroleum Generation: Theory and Applications/ C. Barker // Elsevier, New York. - 1996 - p. 62.
2. Bustin, R. M. Sedimentology and characteristics of dispersed organic matter in Tertiary Niger Delta: origin of source rocks in a deltaic envi-

- ronment/ R. Bustin // American Association of Petroleum Geologists Bulletin. – 1988.- p. 72.
3. Michele L.W., Ronald R. Charpentier, Michael E. Brownfield. The Niger Delta petroleum system: Niger Delta province, Nigeria, Cameroon, and Equatorial Guinea, Africa / L.W Michele, R. Charpentier, M.E. Brownfield // Open-File Report 99-50-H. – 1999 – p. 10.
 4. Ejedawe, J.E. (1986). The expulsion in the evaluation of petroleum source beds of the Tertiary Niger Delta / J.E. Ejedawe // J. Pet. Geol. – 1986. – p. 9, 439- 450.

Юй Сяолин (Китай)

Новосибирский национальный исследовательский
государственный университет, г. Новосибирск

Научный руководитель: Федин Владимир Петрович,
д.х.н., профессор чл.-к. РАН

**СИНТЕЗ, СТРОЕНИЕ И ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА
МЕТАЛЛ-ОРГАНИЧЕСКОГО КООРДИНАЦИОННОГО
ПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ Co(II) И
1-(ИМИДАЗОЛ-1-ИЛ)-4-(1,2,4-ТРИАЗОЛ-1-ИЛМЕТИЛ)БЕНЗОЛА**

Развитие технологий и появление новых материалов привело к росту содержания органических и неорганических загрязнителей в объектах окружающей среды (воде, земле, воздухе), а далее и в продуктах питания, тканях и жидкостях человека. Важной задачей, связанной с обеспечением безопасности жизнедеятельности и здоровья человека, является разработка быстрых и простых методов обнаружения указанных опасных и вредных веществ.

В последние годы люминесцентные металл-органические координационные полимеры (МОКП, в англоязычной литературе часто используется термин Metal-Organic Frameworks, MOFs), как новый тип сенсорных материалов, привлекают огромное внимание благодаря своим превосходным характеристикам химических датчиков и биодатчиков, преимуществами которых являются термическая стабильность, устойчивость в широком интервале pH и в различных растворителях. Эти преимущества обеспечивают возможность разработки на их основе надежных тест-систем многократного использования с флуориметрическим аналитическим сигналом. Использование таких систем, например, в виде тест-полосок, не требует специальной подготовки и оборудова-

ния и может реализовываться в бытовых условиях для обнаружения токсичных веществ в воде и продуктах питания, а также для контроля за состоянием здоровья человека [1-3].

Цель работы. Целью работы является получение нового металл-органического координационного полимера из солей кобальта(II) и лиганда L (L = 1-(имидазол-1-ил)-4-(1,2,4-триазол-1-илметил) бензол), определение кристаллической структуры и изучение функциональных свойств.

Материал и методы исследования. Все реагенты, задействованные в этой работе, являются коммерчески доступными и использовались в экспериментах без дальнейшей очистки. Монокристалльный рентгеноструктурный анализ проводился на Bruker D8 Venture. Данные РФА получены на порошковых дифрактометрах Rigaku, UltimaIV (излучение Cu-K α , $\lambda = 1,541 \text{ \AA}$). Спектры флуоресценции записаны на приборе Edinburgh FS5 spectrometer.

Синтез соединения 1. Навеску лиганда L (0.005 г, 0.022ммоль) и CoCl₂·6H₂O (0.015 г, 0.063ммоль) растворили в 3 мл этанола, содержащего хлорид натрия (150 μ L, 1M), после запечатали в маленьком стеклянном флаконе с колпачком и термостатировали при 60°C в течение 48 часов. В результате реакции образовались тёмно-синие кристаллы прямоугольной формы. Полученный продукт промывали 10 мл этанола от избытка хлорид натрия и непрореагировавших реагентов. Выход 85%.

Результаты исследования.

Анализ структуры. Строение 1 установлено методом рентгеноструктурного анализа монокристаллов, состав установлен так же по данным PCA. Соединение кристаллизуется в моноклинной сингонии с пространственной группой P2₁/c (табл. 1).

Таблица 1

Кристаллографические характеристики и детали рентгеноструктурного эксперимента

Параметр		Параметр		Параметр	
Брутто-формула	C ₁₂ H ₁₂ Cl ₃ Co N ₅	α , град.	90	F(000)	792.0
M, г/моль	392.55	β , град.	92.621 0(10)	Число отражений	3169
Сингония	моноклинная	γ , град.	90	Добротность по F2	1.058
Пр. группа	P2 ₁ /c	V, \AA^3	1551.5 2(7)	R-факторы [I > 2 σ (I)]	R ₁ = 0.0290, wR ₂ = 0.0652
a, \AA	9.0236(2)	Z	4		
b, \AA	14.3992(4)	D _{calcd} , г/см ³	1.681	R-факторы (для всех отражений)	R ₁ = 0.0424, wR ₂ = 0.0717
c, \AA	11.9535(3)	μ , мм ⁻¹	1.621		

Асимметричная единица содержит ион Co^{2+} , L и три координированных иона Cl^- (рис.1а). Ион Co^{2+} в соединении координируется с тремя Cl^- ионами и атомом азота лиганда (рис.1б). Интересно отметить, что в структуре имеется межслоевое взаимодействие π - π бензольных колец, с расстоянием 3.89 Å (рис. 1в). Кроме этого, в кристаллической структуре можно выделить большое число слабых водородных связей (N4-N4...C11 3.262(2) Å, N4-N4...C12 3.245(2) Å, C2-H2...C13 3.619(3) Å, C4-N4A...C13 3.536(3) Å, C7-H7...N5 3.536(3) Å, C9-H9A...C11 3.563(3) Å [4,5,6], которые стабилизируют трехмерный супрамолекулярный каркас (рис.1г).

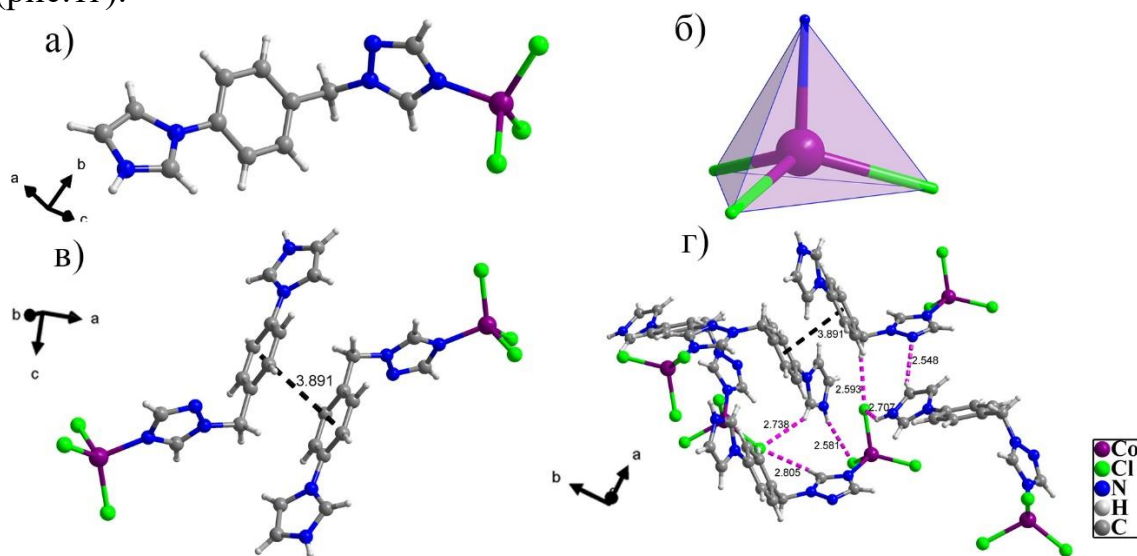


Рисунок 1. а - молекулярная структурная единица соединения;
б - координационное окружение иона Co^{2+} ; в - π - π взаимодействия между ароматическими кольцами; г - 3D супрамолекулярная структура соединения, штриховыми линиями показаны водородные связи

Результаты PXRD показывают, что всем экспериментальным пикам можно найти соответствующие пики в теоретических порошкограммах, что говорит о хорошей фазовой чистоте полученного соединения (рис.2а). Дополнительно, 3 мг образцов были выдержаны в 1 мл органических растворителей, таких как CH_3OH , 1,4-диоксан и ксилолы, при комнатной температуре в течение 6 часов, после чего образцы были собраны путем центрифугирования и высушивания на воздухе перед измерением PXRD. Полученные порошкограммы соответствуют исходному соединению, что говорит о том, что 1 обладает хорошей стабильностью в органических растворителя (рис.2б).

Кроме того, для изучения стабильности в водных растворах образцы кристаллического 1 выдерживались в водных растворах с различными значениями рН в течение 6 ч. Из рисунка 2в видно, что в сильно щелочных растворах при рН=10 и 12 экспериментальные данные PXRD существенно отличались от теоретических. Другими словами, структура соединения 1 разрушилась. Наиболее благоприятный диапазон рН для сохранения структуры 1 равен 4-8.

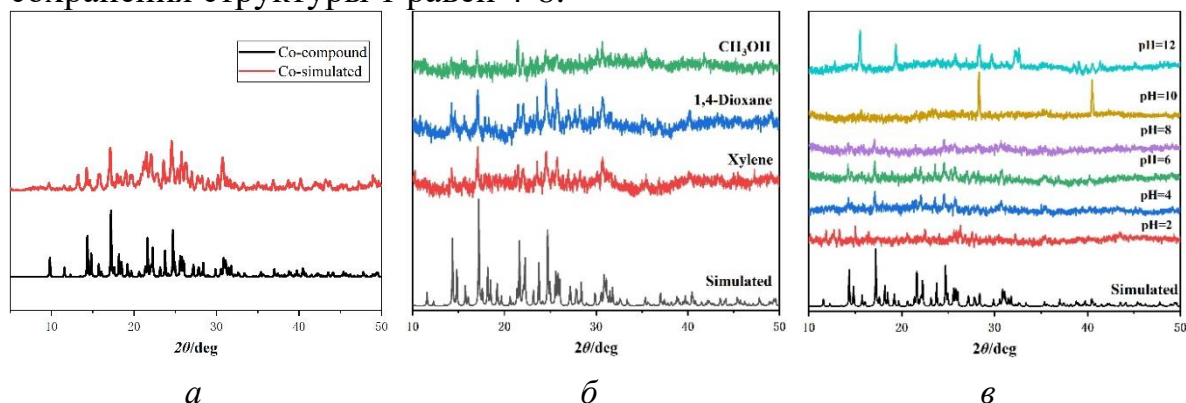


Рисунок 2. а - сравнение порошковых дифрактограмм: рассчитанной и экспериментально наблюдаемой для соединения 1; б - Рентгеновская дифракция на порошке для соединения 1 после выдерживания 6 часов в различных органических растворителях. в - Рентгеновская дифракция на порошке для соединения 1 после выдерживания 6 часов в водных растворах с различным рН

При длине волны возбуждения 217 нм были измерены люминесцентные спектры соединения $\{Co-(L)-EA\}_n$ как в твердом состоянии, так и в суспензиях в этаноле при комнатной температуре, и соответствующие результаты представлены на рис. 3а.

Для исследования влияния рН построен график интенсивности люминесценции соединения с различными значениями рН (рис. 3б), который показывает, что соединение имеет лучшую интенсивность флуоресценции при рН = 4. В щелочных условиях флуоресценция практически не наблюдается, это связано с разрушением структуры соединения в щелочной среде (рис. 2в).

Кроме того, время является важным параметром для измерения стабильности люминесцентных соединений. Поэтому был проведён мониторинг интенсивности люминесценции соединения 1 в течение 90 минут, который продемонстрировал, что фотоэмиссия практически не меняется за это время (рис. 3в).

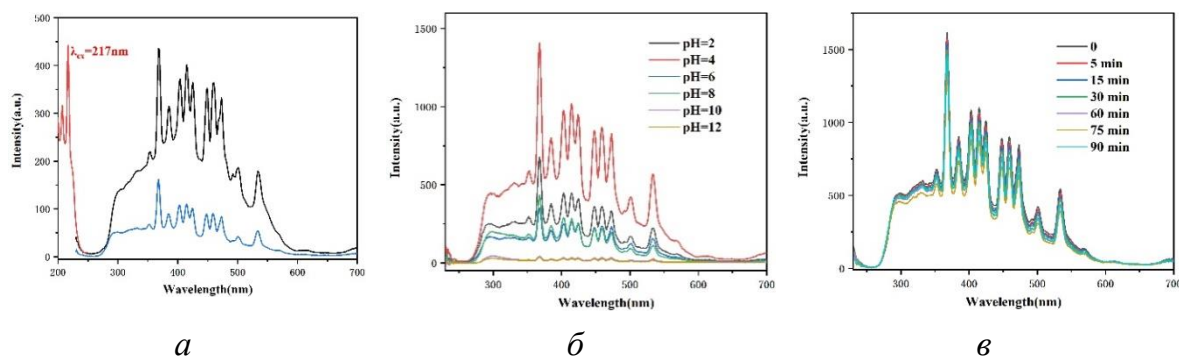


Рисунок 3. а - спектры твердотельного возбуждения (красный) и излучения (черный) соединения 1. Спектры излучения суспензии 1 в этаноле (синий); б - интенсивность люминесценции суспензии 1 в этаноле с различными значениями рН; в - изменение интенсивности люминесценции соединения 1 в течение 90 минут

Выводы:

В настоящей работе впервые осуществлен синтез металл-органического координационного полимера полученного из солей кобальта и лиганда 1-(имидазол-1-ил)-4-(1,2,4-триазол-1-илметил) бензола. Соединение было охарактеризовано рядом физико-химических методов. В частности, были изучены его фотолюминесцентные свойства для кристаллов и для суспензии в этаноле, определены условия применения и интенсивность флуоресценции. Полученные данные обеспечивают основу для дальнейшей практической и теоретической работы по обнаружению вредных веществ в объектах окружающей среды.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Liu Y, Xie X, Cheng C, et al. Strategies to fabricate metal-organic framework (MOF)-based luminescent sensing platforms // Journal of Materials Chemistry C. – 2019. – V. 7., № 35 – P. 10743–10763.
2. Kuznetsova A, Matveevskaya V, Pavlov D, et al. Coordination polymers based on highly emissive ligands: Synthesis and functional properties // Materials. – 2020. – V. 13., № 12. – P. 2699.
3. Furukawa H, Cordova K E, O’Keeffe M, et al. The chemistry and applications of metal-organic frameworks // Science. – 2013. – V. 341., № 6149. – P. 1230444.
4. Balamurugan, V., M. S. Hundal, and R. Mukherjee. First systematic investigation of C-H···Cl hydrogen bonding using inorganic supramolecular synthons: lamellar, stitched stair-case, linked-ladder, and helical structures // Chemistry. – 2010. – V. 10., № 7. – P. 1683–1690.

5. Dylan, Kimball, James, et al. Two-dimensional sheet based on C–H···N hydrogen bonds within an organic cocrystal: a crystallographic, spectroscopic and theoretical study // *Supramolecular Chemistry*, – 2015. – V. 27., № 7–8. – P. 465–470.
6. Wang D Y, Wang J L, Zhang D. N–H···X (X = F, Cl, Br, and I) hydrogen bonding in aromatic amide derivatives in crystal structures // *Science China Chemistry*, – 2012. – V. 55., № 10. – P. 2018–2026.

Юй Шэн (Китай), Папина Ю.В.

Томский политехнический университет, Томск
Национальный центральный университет, Таюань, Тайвань

Научный руководитель: Годымчук Анна Юрьевна
к.т.н., доцент

ВЛИЯНИЕ pH НА АГРЕГАЦИЮ НАНОЧАСТИЦ ZnO

Введение

В настоящее время наночастицы оксида цинка (ZnO) имеют большой спрос, потому что нашли свое применение в производстве резины, керамики, пластика и косметики [1]. Чем больше производятся наночастицы, тем больше источников выделения наночастиц в окружающую среду. Известно, что при определенных условиях наночастицы ZnO могут быть токсичны по отношению к млекопитающим, клеткам, бактериям, и растениям [2].

Из литературного обзора известно, что на токсичность наночастиц влияет большое число параметров, включая размер и концентрация частиц, состав среды, кислотность и многие другие [3]. При этом не смотря на важность изучения и понимания токсичности до сих пор недостаточно данных о поведении наночастиц ZnO в водных средах.

Целью данной работы было показать влияние pH водной среды на дисперсионные и электрокинетические свойства промышленных наночастиц ZnO в водных суспензиях.

Экспериментальная часть

В качестве объекта исследования использованы наночастицы ZnO, полученные плазмохимическим методом (производитель: Nanostructured & Amorphous Materials, Inc., США). Согласно данным производителя удельная поверхность частиц составляла 15 м²/г, средний размер частиц 30 нм, а средний размер агрегатов 500 нм [4].

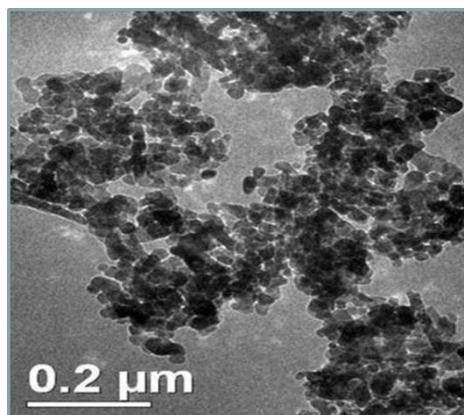


Рисунок 1. Наночастицы ZnO [4]

Суспензии наночастиц готовили в пластиковых контейнерах (50 мл) на основе дистиллированной воды (pH=6.3...6.9, дистиллятор D-30938 Gesellschaft Labortechnik mbH), доведенной до значений pH=4...6...7...8...10 титрованием с помощью 0.1 М растворов NaOH и HNO₃. Концентрация частиц в суспензиях составляла 2 масс.%. Концентрация частиц подбиралась экспериментально для получения воспроизводимых результатов на лазерном дифрактометре. Суспензии перемешивались встряхиванием и выдерживались не более 1 часа. Значение pH контролировали с помощью pH-метра pH-150МИ (Измерительная техника, Россия). Навески наночастиц и веществ брали with the AND GR-202 scales (A&D Co Ltd., Japan, ±0.0001 г). Для перемешивания растворов и титрования применяли магнитную мешалку MR Hei-Tec (Heidolph Instruments GmbH & Co, Germany) при частоте 300 об/минуту. Все растворы и суспензии готовили и хранили при 25±2°C.

В работе использовали метод динамического рассеяния света для измерения размеров наночастиц. Данный метод позволяет определить коэффициент диффузии дисперсных частиц в жидкости путем анализа корреляционной функции флуктуаций интенсивности рассеянного света[5].

Измерения проводили с помощью лазерного анализатора частиц Malvern на приборе Zetasizer Nano (Malvern, США) при 25 оС (гелий-неоновый лазер, 4 мВт, 633 нм). Для измерения размеров частиц использовали прямоугольную кювету из полистирола с крышкой. При проведении анализа результатом измерения являлись кривые количественного распределения частиц по размерам, по которым рассчитывали средний размер частиц по формуле:

$$d_{cp} = \sum d \cdot \frac{q(\%)}{100} , \quad (1)$$

где $d_{ср}$ – средний размер частиц в дисперсии, q – дифференциальный процент частиц с размером d в дисперсии.

Результаты и их обсуждение

Согласно полученным данным, все распределения независимо от величины рН имеют мономодальный характер (рис.2). Видно, что в агрессивной среде (рН=4 и рН=10) распределение сдвигается вправо, а в нейтральной (рН=7) или около-нейтральной среде (рН=6 и рН=8) – распределение сдвинуто влево. Так, в ряду рН 4...6...7...8...10 модальный размер частиц составляет 190...122...142...99...825, соответственно (рис.2).

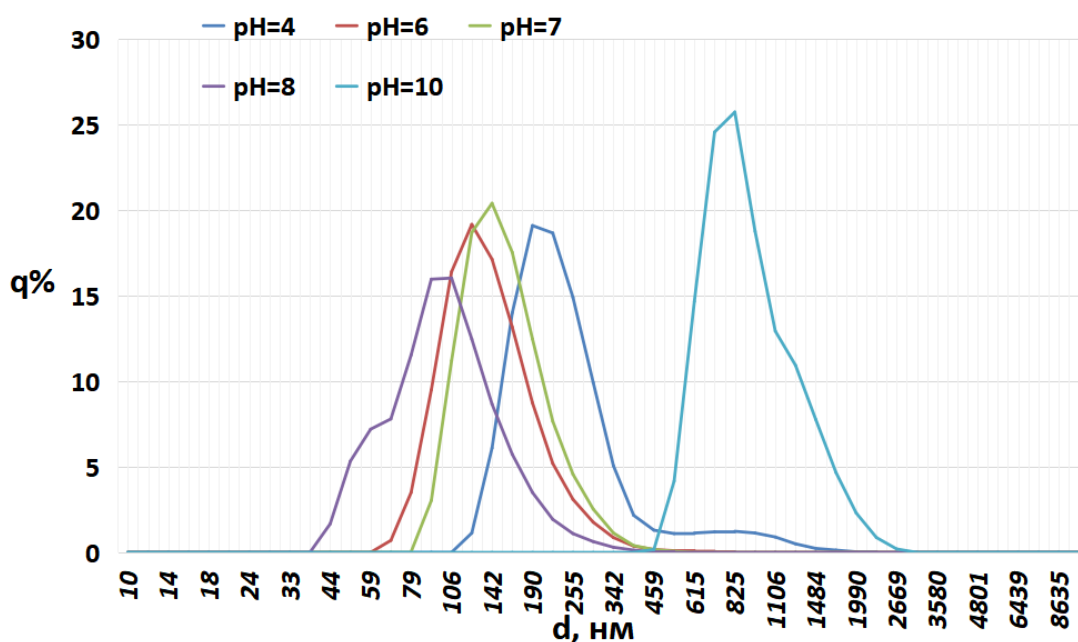


Рисунок 2. Кривые распределения частиц по размерам при рН

Далее влияние рН на дисперсионные свойства было проанализировано на основании фракционного анализа и изменения усредненных характеристик суспензии (рис.3).

Показано, что фракция с размером частиц < 100 нм образуется в физиологической среде (при рН=6...8), а в агрессивной среде (4 и 10) образуются преимущественно крупные агрегаты. Например, содержание фракции с размером > 200 нм составляет 60...12...17...4...100... в ряду рН 4...6...7...8...10, соответственно (рис.3).

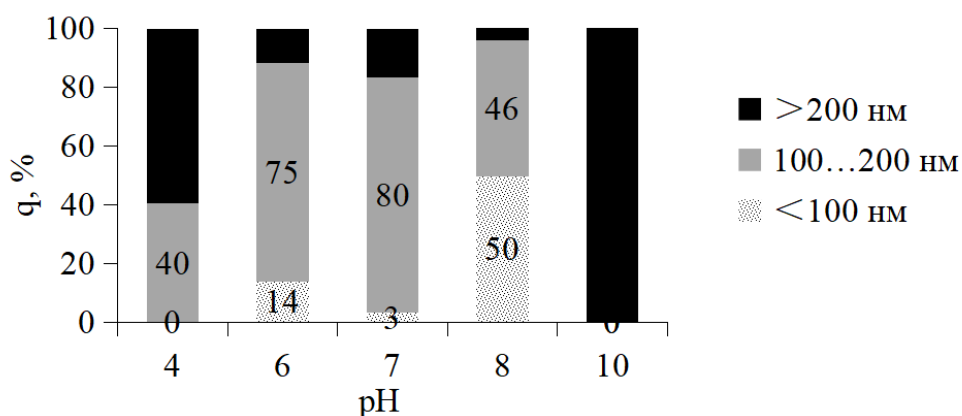


Рисунок 3. Влияние pH на фракционный состав наночастиц ZnO

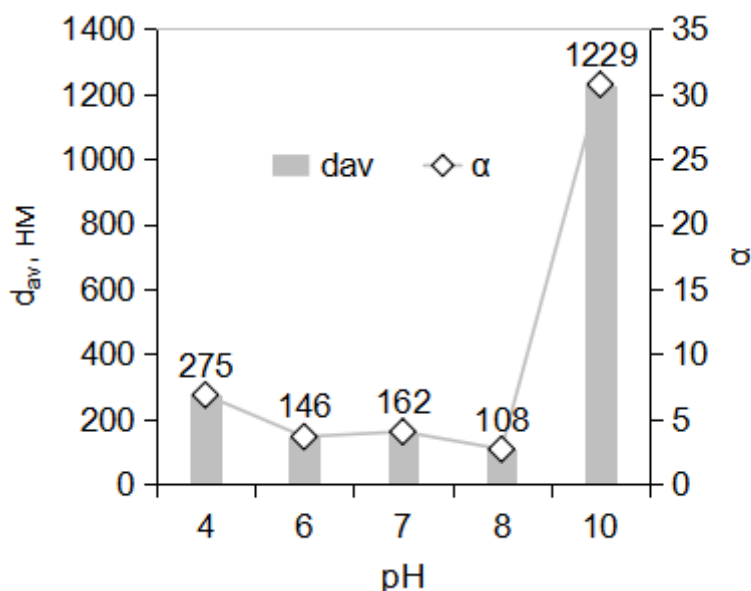


Рисунок 4. Влияние pH на средний размер d и степень агрегации α наночастиц ZnO

Усредненные хорошо показывают, что в воде при увеличении pH от 4 до 6 агрегация частиц ослабляется. Например, величина d_{av} в суспензиях уменьшается в 2 раза (рис.4). В диапазоне pH=6...8 средний размер агрегатов колеблется не более 33%. Видно, что степень агрегации 2...4. Самая сильная агрегация наблюдается при pH=10: степень агрегации составляет 57 (рис.4).

Заключение

В работе на примере плазмохимических наночастиц ZnO со средним размером 30 нм показано влияние pH на их агрегацию в водной суспензии. С помощью метода динамического света установлено, что

при увеличении рН от 4 до 8 размеры частиц уменьшаются, а при рН=10 – резко увеличиваются.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Moezzi A. Zinc oxide particles: Synthesis, properties and applications // *Chemical Engineering Journal*. –2012. –Vol. 185. – P.1-22
2. Ma H.B., Williams P.L., Diamond S.A. Ecotoxicity of manufactured ZnO nanoparticles e A review // *Environmental Pollution*. – 2013. Vol.172. – P.76-85.
3. Turan N.B., Erkan H.S., Engin G.O., Bilgili M.S. Nanoparticles in the aquatic environment: Usage, properties,transformation and toxicity – A review // *Process Safety and Environmental Protection*. – 2019. Vol.130. – P.238-249.
4. Сайт компании ООО «Наноструктура и аморфные материалы Лтд.». Нанопорошок оксида цинка (ZnO, 99%, 30 нм) Электронный ресурс: <https://www.nanoamor.com/inc/sdetail/45691>
5. Сайт компании ООО «Фотокор». Динамическое рассеяние света. Электронный ресурс: <https://www.photocor.ru/theory/dynamic-light-scattering>

Янь Тун (Китай), Лямина Г.В. (Россия)

Томский политехнический университет, г.Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна,
к.х.н., доцент

НАНОНОСИТЕЛИ ДЛЯ ЛЕКАРСТВЕННЫХ ПРЕПАРАТОВ

Введение

Важнейшим направлением современной фармакологии является адресная доставка лекарственных препаратов. Целевое введение достигается с помощью носителя, который должен быть инертен по отношению к окружающей среде в организме человека. Закрепление лекарственных препаратов на носителях может повысить их биодоступность и снизить воздействие на непораженные участки, т.е. сделать доставку препарата целевой. За последние 15 лет существенное место в данной области стали занимать наноразмерные носители.

Цель данной работы – провести обзор основных методов синтеза носителей лекарственных препаратов.

Классификация носителей

В таблице 1 представлена классификация наноносителей, данная в работе [1].

Таблица 1

Классификация наноносителей лекарственных препаратов.

Неорганические	Органические	Биологические
Оксиды железа, мезопористый Al_2O_3 , Zn, CuO, Au, Ag, вещества на основе углерода, лантаноиды, полупроводниковые соединения	Мицеллы, липосомы, дендримеры, циклодекстрины, полимерные мицеллы, нанокapsулы	Экзосомы, ферритин, липопротеины, вирусы
Нульмерные	Одномерные	Двухмерные
Наночастицы Фуллерены Дендримеры Нанопоры Нанокapsулы	Нановолокна Нанотрубки Нанонити	Наноразмерные пленки

Как видно из таблицы в качестве носителей может применяться достаточно широкий спектр веществ. Коллоидные растворы неорганических соединений, благородных металлов и полупроводниковых соединений, могут применять как в качестве индивидуальных препаратов, так и в качестве одного из составляющих компонентов. Органические вещества применяют преимущественно в качестве носителей или материала оболочек.

Формы носителей также могут отличаться. Как правило наноразмерные носители представляют собой пористые нульмерные тела – наночастицы, нанокapsулы, дендримеры из различных материалов, а также фуллерены и квантовые точки.

Существенную часть среди носителей занимают оксиды металлов. Наиболее распространенными керамическими материалами для применения в наномедицине являются диоксид титана (TiO_2), диоксид кремния (SiO_2), оксид алюминия (Al_2O_3), оксиды железа (II, III).

Методы синтеза диоксида кремния хорошо разработаны, однако он может являться цитотоксичным в зависимости от морфологии и поверхностных свойств. Диоксид титана также перспективный носитель, хотя является относительно дорогим веществом. Наноносители с магнитными характеристиками, например, соединения железа, имеют до-

полнительные преимущества по сравнению с другими оксидами металлов, поскольку целевую доставку можно очень точно контролировать, направляя частицы с помощью магнитных эффектов.

Как правило индивидуальные вещества не могут удовлетворять всем требованиям, в связи с этим в последние годы активно разрабатывают гибридные системы. Например, носитель на основе оксида металла, покрытый веществом с магнитными свойствами и помещенный в полимерную оболочку.

Химические методы синтеза носителей

Химические методы получения нанопорошков обеспечивают должный уровень чистоты, позволяют получать смеси из нескольких компонентов, в широких пределах варьировать морфологию, кристаллическую структуру и химический состав получаемых частиц. Одним из ограничений данных методов является высокая степень агрегации частиц и агломератов. Решают эту проблему применением двух основных направлений, которые используют вместе или отдельно, в зависимости от конкретной задачи.

Первое направление – это создание в реакционном пространстве определенной стабилизирующей системы, предотвращающей агломерацию частиц: введение в раствор различных по механизму воздействия стабилизаторов, проведение синтеза в матрице, фиксирующей размеры частиц, проведение синтеза в жидких двухфазных системах и т.д. К этой группе можно отнести золь-гель метод, который предполагает образование каркаса из молекул дополнительного вещества и обеспечивает гомогенность продукта на молекулярном уровне. В частности, синтезу композиционных порошков $Al_2O_3-ZrO_2$ посвящены работы [2, 3]. Для получения оксидов металлов можно использовать полимерные материалы. Например, в работах [4, 5] для этих целей использовали полиакриламид.

Введение дополнительного вещества на стадии синтеза имеет несколько существенных недостатков. Во-первых, на стадии термообработки порошков после удаления добавок внутри частиц может возникнуть остаточная пористость. Во-вторых, дополнительные компоненты могут оставаться в продукте в виде примесей, что нежелательно при необходимости получения порошков высокой чистоты.

Второе направление для предотвращения агрегации частиц – это использование специальных установок, позволяющих извлекать частицы из раствора быстро, фиксируя их в гранулах или агломератах, в которых частицы слабо связаны между собой. В этом случае в исходные растворы можно не вводить дополнительные компоненты, кроме прекурсоров, или использовать их в меньшем количестве. Например, авто-

ры [6] использовали метод спрэй-пиролиза (пиролиз аэрозолей) для синтеза частиц оксида алюминия.

Для получения наночастиц также активно применяется процесс распыления сушкой (spray drying) [7, 8], который реализуется в установках, позволяющих получать сферические частицы с размерами кристаллитов нанометрового масштаба при давлениях среды меньше атмосферного (~3000 Па) и относительно низких температурах (~70-80°C). В основном исследования в этой области направлены на получение фармацевтических ингредиентов, например, инкапсулированных частиц: клеток, бактерий, пищевых добавок и пр. [9].

Установки нанораспылительной сушки не предназначены для производства нанопорошков в больших количествах. Порошки, получаемые таким способом, можно применять там, где необходимы воспроизводимая морфология и чистота продукта, например, при синтезе носителей лекарственных препаратов.

Заключение

Главными достоинствами синтеза наночастиц методом распылительной сушки являются меньший диапазон размеров получаемых материалов, их большая удельная площадь, что позволяет использовать их в качестве носителей лекарственных веществ для их адресной доставки к больным органам с большей эффективностью, меньшая агломерация частиц, их высокая плотность и почти идеальная сферическая форма.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Nance E. Careers in nanomedicine and drug delivery // *Advanced Drug Delivery Reviews* – 2019. – V. 144. – P. 180 – 181.
2. Tuncer. M. Effects of pH on agglomeration state of Al₂O₃-ZrO₂ (ZTA) nanocomposite powders synthesized by tartaric gel method // *Ceramic Silikaty*. – 2012. – Vol. 56(2). – P. 107–111.
3. Angel, J.D. Aguilera A.F., Galindo I.R., Martinez M., Viveros T. Synthesis and characterization of alumina-zirconia powders obtained by sol-gel method // *Materials Sciences and Applications*. – 2012. – Vol.3. – P. 650–657.
4. Tanmasebpour M. Babaluo A.A. Studies on the synthesis of α -Al₂O₃ nanopowders by the polyacrylamide gel method // *Powder Technology*. – 2009. – Vol.191. – P. 91–97.
5. Babaluo A.A., Kokabi M., Barati A. Chemorheology of alumina aqueous acrylamide gelcasting systems // *J. Eur. Ceram. Soc.* – 2004. – Vol.24. – P. 635–644.

6. Tok A.I.Y., Boey F.Y.C., Zhao X.L. Novel synthesis of Al₂O₃ nanoparticles by flame spray pyrolysis / A.I.Y. Tok, // Journal of Materials Processing Technology. – 2006. – Vol.178. – P.270-273.
7. Lyamina, G., Iela A., Khasanov O., Petyukevich M., Vaitulevich E. Synthesis of Al₂O₃-ZrO₂ powders from differently concentrated suspensions with a spray drying technique // AIP Conference Proceedings. 1772, 020011 (2016); doi: 10.1063/1.4964533.
8. A. Schrijnemakers et al. Mullite coatings on ceramic substrates: Stabilisation of Al₂O₃-SiO₂ suspensions for spray drying of composite granules suitable for reactive plasma spraying // Journal of European Ceramic Society – 2009. – V 29. – P. 2169 – 2175.
9. C. Arpagaus et al. Nano Spray Drying for Encapsulation of Pharmaceuticals [Text]: accepted manuscript // International Journal of Pharmaceutics. – 2018. – P. 1 – 7.

Яхшиликowa Лола Журабаевна (Узбекистан)

Казанский национальный исследовательский
технологический университет, г. Казань

Научный руководитель: Бурилов Александр Романович,
д.х.н., профессор

СИНТЕЗ НОВЫХ МАКРОЦИКЛИЧЕСКИХ И ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИХ ПРОИЗВОДНЫХ ТАУРИНА НА ОСНОВЕ РЕАКЦИИ 2-АМИНОЭТАН-1-СУЛЬФОАМИДОВ С ФЕНОЛАМИ

Таурин – серосодержащая аминокислота, присутствует в живых организмах и выполняет важную роль в различных жизненно важных биологических процессах [1–3]. Имеющиеся в литературе методы синтеза производных таурина можно разделить на два основных подхода (схема 1). Первый базируется на раскрытии азотсодержащих гетероциклов. В промышленности таурин получают в результате многостадийных процессов на основе этаноламина, приводящих к образованию промежуточного азиридина и дальнейшей его реакции с сульфитом натрия в кислой среде [4]. Основным ограничением этого метода является много стадийность процесса.

Второй подход заключается в модификации ациклических предшественников. В организме таурин образуется в результате ферментативного окисления цистеина [5]. Замещённые таурины можно синтезировать

вать из производных 2-аминоэтантиола окислением перекисью водорода в муравьиной кислоте [6,7]. Реакцией бромида 2-бромэтан-1-амина с сульфитом натрия [8] либо обработка аммиаком 2-бромэтан-1-сульфоната натрия [9] и т.д. Существенным недостатком второго подхода является необходимость предварительного введения в молекулы соединений-предшественников либо амино-, либо сульфоновую группы, что усложняет синтетическую схему и приводит к снижению выхода целевого соединения.

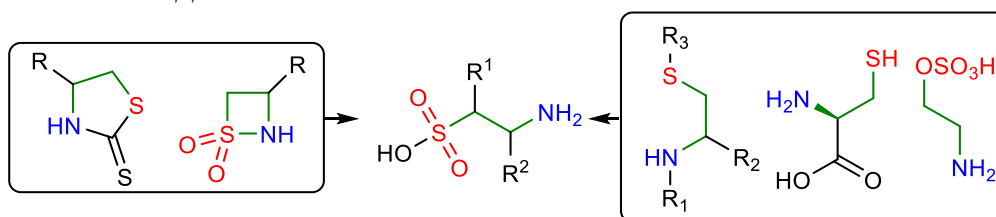


Рисунок 1

Известно, что соединения с активированной кратной связью углерод-углерод способны вступать в реакцию аза-Михаэля, что позволяет создавать новые связи углерод-азот в одну стадию в достаточно мягких условиях. Поэтому в качестве объекта нами был выбран коммерчески доступный винилсульфонат натрия.

На первом этапе наших исследований была получена натриевая соль аминоэтансульфо кислоты 3, содержащей ацетальный фрагмент, в результате реакции 4,4-диэтоксидибутан-1-амина 2 с винилсульфонатом натрия 1. Реакцию проводили в воде при кипячении (схема 2).

В дальнейшем нами были изучены кислотно-катализируемые реакции ацеталя 3 с резорцином, 2-метилрезорцином и пирогаллолом (схема 2). Было обнаружено, что на направление реакции оказывает количество взятой трифторуксусной кислоты. При проведении реакции с фенолами в хлороформе в присутствии двух эквивалентов трифторуксусной кислоты образуются преимущественно пирролидины 4. При проведении реакции ацеталя 3 с резорцином и его производными при соотношении реагентов 1:1 в хлороформе в присутствии избытка трифторуксусной кислоты (2 мл) происходит образование преимущественно каликс[4]резорцинов 5. Следует отметить, что каликс[4]резорцины 5a-c образуются в виде смеси конформеров [10].

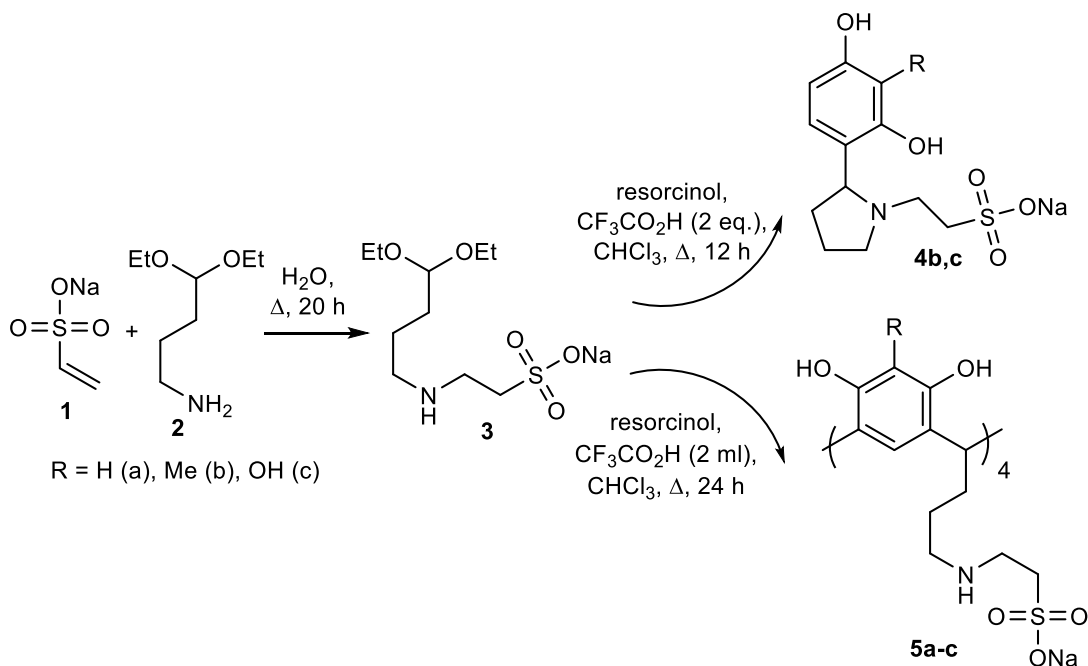


Рисунок 2

В результате проведённых исследований нами был разработан новый метод синтеза ранее неизвестных водорастворимых производных таурина – 2-арилпирролидинов, каликс [4]резорцинов содержащих сульфонатный фрагмент.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Brosnan J.T., Brosnan M.E. The Sulfur-Containing Amino Acids: An Overview // *J. Nutr.* 2006. Vol. 136, № 6. P. 1636S-1640S.
2. Huxtable R.J. Physiological actions of taurine // *Physiol. Rev.* 1992. Vol. 72, № 1. P. 101–163.
3. Marcinkiewicz J., Kontny E. Taurine and inflammatory diseases // *Amino Acids.* 2014. Vol. 46, № 1. P. 7–20.
4. Kosswig K. Sulfonic Acids, Aliphatic // *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry.* Weinheim, Germany: Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2000.
5. Soboleva A. V., Krasnoshtanova A.A., Krylov I.A. Conversion of L-Cystine and L-Cysteine to Taurine by the Enzyme Systems of Liver Cells // *Appl. Biochem. Microbiol.* 2004. Vol. 40, № 3. P. 236–240.
6. Xu J., Xu S., Zhang Q. The first synthesis of optically active 1-substituted taurines // *Heteroat. Chem.* 2005. Vol. 16, № 6. P. 466–471.

7. Huang J., Du D.-M., Xu J. Facile Synthesis of 1,1-Disubstituted Taurines // *Synthesis (Stuttg)*. 2006. № 2. P. 315–319.
8. Philipposian G. et al. Synthesis and NMR characterization of (15N)taurine [2-(15N)aminoethanesulfonic acid] // *J. Label. Compd. Radiopharm.* 1989. Vol. 27, № 11. P. 1267–1273.
9. Marvel C.S., Bailey C.F. Taurine // *Org. Synth.* 1938. Vol. 18. P. 77.
10. Smolobochkin A. V. et al. Correction to: Synthesis of novel macrocyclic and heterocyclic taurine derivatives based on the reaction of sodium 2-[(4,4-diethoxybutyl)amino]ethanesulfonate with phenols // *Chem. Heterocycl. Compd.* 2020. Vol. 56, № 8. P. 1109–1109.

Работа осуществлена при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Республики Татарстан в рамках научного проекта № 18-43-160004 p_a.

Научное издание

НАУЧНАЯ ИНИЦИАТИВА ИНОСТРАННЫХ СТУДЕНТОВ И АСПИРАНТОВ

Сборник докладов
I Международной научно-практической конференции

Том 1

Издано в авторской редакции

Компьютерная верстка *А.А.Лазарейт, Г.В. Лазарейт*

Дизайн обложки *И.В. Корюкина*

**Отпечатано в Издательстве ТПУ в полном соответствии
с качеством предоставленного оригинал-макета**

Подписано к печати 28.05.2021. Формат 60x84/16. Бумага «Снегурочка».
Печать CANON. Усл. печ. л. 24,60. Уч.-изд. л. 22,25.
Заказ 82-21. Тираж 100 экз.



Издательство

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ