

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

## **РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ – ЭНЕРГИЮ И ЭНТУЗИАЗМ МОЛОДЫХ**

Сборник научных трудов  
VII Всероссийской конференции

27–29 апреля 2016 г.

Томск 2016

УДК 62.001.5(063)  
ББК 30.600л0  
Р44

**Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых :**  
Р44 сборник научных трудов VII Всероссийской конференции / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2016. – 287 с.

УДК 62.001.5(063)  
ББК 30.600л0

### Организационный комитет

Соловьев М.А.	к.т.н., заместитель проректора по образовательной деятельности, председатель оргкомитета
Данейкин Ю.В.	к.ф.-м.н., начальник УМУ, сопредседатель оргкомитета
Серебрякова Е.Н.	начальник ОЭО УМУ, сопредседатель оргкомитета
Сурменев Р.А.	к.ф.-м.н., начальник Центра технологий, доцент каф.ЭФ, председатель секции № 1
Рудко Т.В.	к.б.н., руководитель ЦТТ СибГМУ, сопредседатель секции № 1 (по согласованию)
Лукутин Б.В.	д.т.н., профессор каф. ЭПП, председатель секции № 2
Горюнов А.Г.	к.т.н., доцент, зав. каф. ЭАФУ ФТИ, сопредседатель секции № 2
Губин В.Е.	к.т.н., зам. директора по научной работе ЭНИН, председатель секции № 3
Дмитриев А.В.	генеральный директор Томского центра ресурсосбережения и энергоэффективности, сопредседатель секции № 3 (по согласованию)
Гергет О.М.	к.т.н., зав. кафедрой ПМ ИК, председатель секции № 4
Аксёнов С.В.	к.т.н., доцент каф. ОСУ ИК, сопредседатель секции № 4
Харламов С.Н.	д.ф.-м.н., профессор каф. ТХНГ ИПР председатель секции № 5
Гладков Е.А.	к.г.-м.н., доцент каф. ГРМ ИПР ТПУ, сопредседатель секции № 5
Пушкаренко А.Б.	к.т.н., доцент каф. АРМ, председатель секции № 6
Александрова Т.В.	ст. преподаватель каф. ИКСУ, сопредседатель секции № 6
Чернов А.В.	ст. преподаватель каф. ТиЭФ ФТИ, председатель секции № 7
Киселев А.	инженер ООО НПО «Мехатроника – Про», сопредседатель секции № 7 (по согласованию)
Чучалин А.И.	профессор, зав.каф. ИПед, председатель секции № 8
Дрыга С.В.	к. филос. н., доцент каф. ОТВПО, сопредседатель секции № 8
Денчук Д.С.	эксперт ОЭО, сопредседатель секции № 8
Мирошниченко Е.А.	к.т.н., доцент каф. ВТ ИК, председатель секции № 9
Синицын Е.А.	к.ф.-м.н., доцент каф.ЭФ, сопредседатель секции № 9
Морозов В.С.	ст. преподаватель кафедры ИЯ ИК, сопредседатель секции № 9
Лисичко Е.В.	к.пед.н., зам.директора ЦУКС, председатель секции № 10
Мозгалева П.И.	проректор по УМО ТОИПКРО, руководитель ТОДОО «Хобби-центр», сопредседатель секции № 10 (по согласованию)

*Редакционная коллегия предупреждает, что за содержание предоставленной информации ответственность несут авторы*

© ФГАОУ ВО НИ ТПУ, 2016  
© Оформление. Издательство Томского политехнического университета, 2016

## СОДЕРЖАНИЕ

ОБРАЗОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ <i>Торосян В.Ф., Антюфеев В.К., Сухорученко В.С., Стаценко С.В.</i> .....	9
БРАСЛЕТ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА АРИТМИИ <i>Бояхчян А.А., Солдатов В.С., Оверчук К.В.</i> .....	12
ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ <i>Фоминых Т.А., Даниленко О.А., Даниленко А.А.</i> .....	15
КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ТЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ <i>Куликов Е.С., Бойков В.А., Голубева А.А.</i> .....	17
ИММОБИЛИЗАЦИЯ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА PLLA СКАФФОЛДАХ, ОБРАБОТАННЫХ ПЛАЗМОЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ <i>Киблер Э.В., Кудрявцева В.Л., Журавлев М.В.</i> .....	19
ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СТРЕССА С ПОМОЩЬЮ АППАРАТУРЫ НА МЕДИЦИНСКИХ НАНОЭЛЕКТРОДАХ <i>Нгуен Д.К., Чистякова А.Б., Динь В.Т.</i> .....	23
МОНИТОРИНГ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ <i>Голубева А.А., Антипова А.М., Захарова В.Д., Носикова Т.М., Пушкин М.В., Поршнев В.П.</i> .....	26
ОЦЕНКА ТЕМПОВ ВЫХОДА ПАРАЦЕТАМОЛА ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ МАТРИКСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАПРОЛАКТОНА <i>Ракина А.А., Генке Е.А.</i> .....	27
СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ <i>Деев И.А., Шибалков И.П., Бойков В.А., Милькевич М.Н., Голубева А.А., Куликов Е.С., Наумов А.О.</i> .....	30
КОНЦЕПЦИЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИБОРА ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТАВА КРОВИ <i>Суханов А.Е., Печкин Д.В.</i> .....	33
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В МЕДИЦИНЕ <i>Верхотурова А.Э.</i> .....	34
ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДИФИКАЦИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ УСТАНОВКИ РОССИИ <i>Баах Н.Н.</i> .....	37
ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩИХ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ <i>Бай Ю.Д., Шмойлов А.В.</i> .....	40
РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ БАЛАНСИРОВКИ РОТОРОВ ТУРБОМАШИН <i>Блинов В.С.</i> .....	43
АНАЛИЗ УСЛОВИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОДА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА НЕЗАВИСИМОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ <i>Болотбекова У.А.</i> .....	46
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОРИДА ВОЛЬФРАМА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ РАО <i>Бородай А.Ю., Гришин А.А., Гуралёв С.С.</i> .....	49

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ПРОВЕДЕНИЯ НОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ <i>Чичерин С.В.</i> .....	51
РАЗРАБОТКА ЗПП И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ НАРУШЕНИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НПС С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМИ СИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ <i>Нуриманов И.Р.</i> .....	54
ПРИМЕНЕНИЕ КУБИЧЕСКОГО КАРБИДА ВОЛЬФРАМА $WC_{1-x}$ , ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ УСКОРИТЕЛЯ ПЛАЗМЫ, В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРА В ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ <i>Шатрова К.Н.</i> .....	56
ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ШАРОВОЙ МОЛНИИ <i>Шеринев С.И.</i> .....	60
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПЛОТНЕНИЙ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В ГАЗОВЫХ ТУРБИНАХ <i>Витвицкий А.А.</i> .....	63
ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАВШИХ ГТД В УСЛОВИЯХ ЭНЕРГЕТИКИ <i>Захарец А.В.</i> .....	66
РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ <i>Акишабаева Ж.С.</i> .....	69
УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОНОМНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ <i>Баскакова А.Р., Меденцева Д.С., Пироженко Т.Е., Сагалакова К.А., Сутягина А.А.</i> .....	73
ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЖАРСТОЙКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ КОРУНДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИИ <i>Дубай Д.Ж., Чернавин В.Ю.</i> .....	75
РАЗРАБОТКА ПОДОГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ, УПРАВЛЯЕМОЙ ПРОГРАММНЫМ КОНТРОЛЕРОМ <i>Калицев Д.М., Кабанец А.А., Мухамадеев Р.Р.</i> .....	78
СИНТЕЗ ЭФФЕКТИВНОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СТЕКЛА <i>Кобякова А.А.</i> .....	81
ИНФОРМАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ <i>Кремлёв И.А.</i> .....	84
ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ <i>Ломова А.С.</i> .....	87
ЭФФЕКТИВНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ <i>Мадышев И.Н., Дмитриева О.С.</i> .....	91
ЗИМНИЙ САД ДЛЯ УНИВЕРСИТЕТА, КАК САМОВОСПРОИЗВОДЯЩАЯ СИСТЕМА <i>Мишунина А.С., Шаблыко А.С.</i> .....	93
ОБЩЕДОМОВЫЕ НУЖДЫ: КАК БЫВАЕТ НА САМОМ ДЕЛЕ <i>Морозова В.А.</i> .....	96



О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ <i>Насиолданова А.Т.</i> .....	100
МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТА В ЗОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВ ТЭС И КОТЕЛЬНЫХ <i>Ожикенова Ж.Ф., Махсутбек Ф.Т.</i> .....	104
ПРОГНОЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОБЪЕКТАМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ТПУ <i>Песня А.Ю.</i> .....	107
ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА <i>Пироженко Т.Е.</i> .....	111
АКУСТИЧЕСКАЯ КАМЕРА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ <i>Рыбаков Е.А., Стариков Д.П.</i> .....	114
ПРИМЕНЕНИЕ КУБИЧЕСКОГО КАРБИДА ВОЛЬФРАМА $WC_{1-x}$ , ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ УСКОРИТЕЛЯ ПЛАЗМЫ, В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРА В ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ <i>Шатрова К.Н.</i> .....	118
АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ФАКТОРОВ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ПРИЧИНОЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ «СОННОЙ БОЛЕЗНИ» В С. КАЛАЧИ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН) <i>Ключникова Ю.О.</i> .....	122
РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СОКРАЩЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ БЮДЖЕТНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА <i>Черная А.А.</i> .....	125
МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ <i>Анищенко С.В., Герасимов А.Р., Швецов А.О.</i> .....	129
АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ИНДУКЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ НА УСТАНОВКАХ ТИПА ТОКАМАК <i>Чухонастова А.И.</i> .....	132
ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА <i>Горохова Е.С.</i> .....	134
КОНЦЕПЦИЯ Р/У ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА В СФЕРЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ <i>Печкин Д.В., Суханов А.Е.</i> .....	136
РАЗРАБОТКА РЕЛЬСОВОГО ПРОФИЛОМЕТРА <i>Плетнев А.О., Чурсин Ю.А.</i> .....	138
КОМПЛЕКС ПРОГРАММ «SEM» (SUN-EARTH-MOON) ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ <i>Маслов К.А.</i> .....	141
СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ДЛЯ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ УСИЛИТЕЛЯ ЯРКОСТИ <i>Таратушкина В.В., Тюменева Е.О.</i> .....	143
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ НА ПАРАХ БРОМИДА МЕДИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ <i>Тюменева Е.О., Таратушкина В.В.</i> .....	146

РАЗРАБОТКА МОДУЛЯТОРА ДЛЯ БИСТАТИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО МОНИТОРА <i>Васнев Н.А.</i> .....	148
РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ БРАКОНЬЕРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДАТЧИКОВ <i>Адамов Е.В., Рогожников Д.С., Удалов А.А., Цыганков С.А.</i> .....	152
ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДНОГО БУРОВОГО РАСТВОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭМУЛЬГАТОРА ЭМ-4 <i>Фензель А.Д.</i> .....	156
ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОРЯДНОЙ СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ СКВАЖИН С ПЕРЕМЕННЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ДЛЯ ДОБЫЧИ УРАНА ИЗ УЗКОГО ВЫТЯНУТОГО РУДНОГО ТЕЛА <i>Гусаров М.А.</i> .....	159
ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБА ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИН <i>Канафин И.В., Космылин Д.В.</i> .....	163
КОНСТРУКЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ, НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ <i>Нечаев Д.А.</i> .....	166
ИССЛЕДОВАНИЕ СЕПАРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖИМАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ <i>Николаев Е.В.</i> .....	169
ОЦЕНОЧНЫЙ АНАЛИЗ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ <i>Николаев Ю.Ю.</i> .....	173
МОБИЛЬНАЯ МАЛОГАБАРИТНАЯ СТАНЦИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ <i>Патрушева Н.Е.</i> .....	175
ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НА ЗАВЕРШАЮЩЕЙ СТАДИИ ДОРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ БЛОКОВ <i>Шрайнер А.Э.</i> .....	177
РАЗРАБОТКА ПЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ <i>Сухарев М.А.</i> .....	180
МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ <i>Юркин А.А., Бокор В.А.</i> .....	182
ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ НАБОР «ЭОН» <i>Глебов А.А., Семенов С.К.</i> .....	186
АВТОНОМНЫЙ САМООБУЧАЮЩИЙСЯ РОБОТ-СПАСАТЕЛЬ И РАЗВЕДЧИК АНДРОМЕДА <i>Васильев И.В., Мяхор Д.А., Рудь М.Н.</i> .....	189
УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАУШНИКОВ <i>Аржанник А.А., Шевченко А.А.</i> .....	192
РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЯ ИОНИЗИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ <i>Беликова Н.Н.</i> .....	193
УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ОБЕЗЗАРАЖИВАТЕЛЬ ДЛЯ ПРЕДМЕТОВ ЛИЧНОЙ ГИГИЕНЫ «ФЕС-16» <i>Фортуна А.С., Евсеев М.А., Сенаторов М.П.</i> .....	195

РАЗРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННО-УКАЗАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА «TOUCHPEN» <i>Герасимов Д.В., Климкович А.В.</i> .....	197
УСТРОЙСТВО ДЛЯ СВОЕВРЕМЕННОГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ЗАКИПАНИИ ВОДЫ <i>Киреева О.Д., Ли В.И., Попов В.В.</i> .....	199
ЗИМНИЕ СОЛНЦЕЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ <i>Кокташев М.А., Зобнина А.А., Лозицкий С.А., Александров М.В.</i> .....	201
BIKE LIGHTS 2 <i>Малькова Я.Ю.</i> .....	203
СИСТЕМА ФИКСАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СОРЕВНОВАНИЙ СКОРОСТНЫХ ВИДОВ СПОРТА <i>Миртов С.П.</i> .....	205
ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ УВЛАЖНИТЕЛЬ ВОЗДУХА «ТЕМ» (TOWEL EVAPORATING MOISTURIZER) <i>Пташник Д.И., Соколова Е.В., Магомо К.</i> .....	208
КРЫШКА-НЕПРОЛИВАЙКА «CUP LOCK» <i>Суханов Е.А., Чеботарев К.Р.</i> .....	210
ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПЕРЕРЕБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО СКЛАДА <i>Тимченко В.С.</i> .....	212
РАЗРАБОТКА МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЯ <i>Туркатов И.Ю.</i> .....	214
РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ДЛЯ СИГНАЛИЗАТОРА УРОВНЯ ВОДЫ <i>Ващенко С.А.</i> .....	216
ИНТЕРАКТИВНОЕ ЗЕРКАЛО <i>Елькин В.Д., Минина Ю.С., Кузьмин Т.А.</i> .....	218
LORRYVISION <i>Звеков О.Д., Бучацкий Д.В.</i> .....	220
ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПИАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СТЕНДА НАСТРОЙКИ И ИЗУЧЕНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА <i>Газизов А.Т.</i> .....	222
СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ХИМИЯ В ШКОЛЕ» <i>Гераскевич А.В., Лебедева М.С.</i> .....	226
РАБОТА И СТУДЕНТ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ <i>Гурбан А.Д., Чойдонов Б.Р.</i> .....	228
МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПЛАТА РАСШИРЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАВЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ НА БАЗЕ ARDUINO <i>Рачис В.А., Пташник Д.И.</i> .....	230
РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ НА МАШИНЕ АТВУДА» <i>Савицкий В.Ю., Рюмкин А.А.</i> .....	232
СОЗДАНИЕ IT-ЛАБОРАТОРИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ НА БАЗЕ ПРОГРАММНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА RASTRWIN <i>Сема Е.Г., Фроленко Н.С.</i> .....	234
АППАРАТНЫЙ SCADA ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ <i>Стариков Д.П., Рыбаков Е.А.</i> .....	238

РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ЭЛИТНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ <i>Садченко В.О.</i> .....	242
«ВОХНЕР» ADVANCED MODULAR UNDERWATER ROBOT <i>Buluev Iliа</i> .....	244
DEVELOPING AN UNDERWATER ROBOT CONTROL SYSTEM <i>Fedorov E.A.</i> .....	247
CREATING A SYNTHETIC ANALOGUE OF IL-4 ON THE BASIS OF DIPHENYLAMINE <i>Kazantseva E.S., Abdrakhmanova D.M.</i> .....	251
ANALYZING EMBEDDED DEVICE PROGRAMMING SPECIFICATIONS IN CRITICAL SYSTEMS TO DESIGN PROGRAMMING GUIDELINES <i>Korolyuk E.S.</i> .....	253
USE OF GAMMA-RAY SPECTROMETRY FOR IDENTIFYING WEAKLY MAGNETIC DIAMONDIFEROUS KIMBERLITES <i>Ledengskiy R.A.</i> .....	256
DEVELOPMENT OF FREQUENCY-BASED TECHNIQUE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE DIAGNOSTICS <i>Maslov V.E.</i> .....	259
LOW DOSAGE HYDRATE INHIBITORS <i>Matyukhina V.D.</i> .....	261
DEVELOPMENT OF TRAINING STAND «SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX OF MANAGEMENT OF THERMAL OBJECT» <i>Ovchinnikova Anastasiya</i> .....	265
IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE COMBINED METHOD OVERSIZE CRUSHING <i>Pokoptsev A.O.</i> .....	267
RESEARCH AND SYNTESIS OF ALUMINUM NITRIDE BY BURNING OF ALUMINUM NANOPOWDER WITH ADDITIVES OF GALLIUM OXIDE <i>Soboleva D.R.</i> .....	270
CERAMIC MATERIALS BASED ON SYNTHETIC CALCIUM PHOSPHATE FOR MEDICAL USES <i>Toropkov N.E., Antonkin N.S.</i> .....	272
РЕГИСТРИРОВАНИЕ РАДИАЦИИ <i>Брагин С.В.</i> .....	275
ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПУТЕМ ГАЗИФИКАЦИИ НИЗКОСОРТНОГО ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА <i>Губин А.В.</i> .....	279
МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ $Al_2O_3$ <i>Сметанина Л.</i> .....	282
РАСЧЕТ ПОТЕРЬ СВЕТОВОГО ПОТОКА ПРИ ОСВЕЩЕНИИ ТЕПЛИЦ В НОЧНОЕ ВРЕМЯ <i>Смолякова К.В., Темник С.Е.</i> .....	285

## ОБРАЗОВАНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ВТОРИЧНЫХ РЕСУРСОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ

В.Ф. Торосян, В.К. Антюфеев, В.С. Сухорученко, С.В. Стаценко

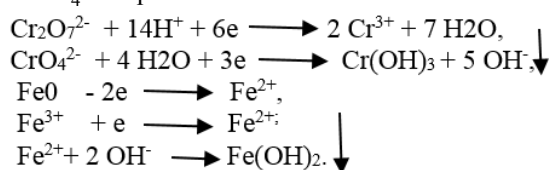
torosjaneno@mail.ru

Большинство технологических процессов машиностроительных предприятий сопровождаются материальными и энергетическими отходами, которые могут составлять важную составную часть сырьевой и энергетической базы современного производства. Одним из видов вторичных ресурсов, который может быть использован в качестве резервного для производства строительных материалов, являются отходы гальванического производства.

Согласно технологии гальванические шламы представляют собой продукты очистки и нейтрализации сточных вод гальванических цехов. При этом следует отметить, что для процесса очистки сточных вод особое значение имеет их состав и концентрация входящих в состав компонентов. А так как в большинстве случаев сточные воды являются суммарным сбросом промывных вод из ванн промывки после нескольких технологических стадий, объединенных либо по месту расположения (участок, цех), либо по типу содержащихся в них веществ (хромсодержащие, никельсодержащие и др.), то составы гальванических шламов, характеризуются большим разном значений их компонентов. В свою очередь это актуализирует проблему дифференциации их переработки, а наличие большого количества цветных металлов свидетельствует о нецелесообразности их захоронения.

Сам процесс образования шламов является сложным и многостадийным химическим процессом. Так, например, в процессе хромирования электролиты загрязняются примесями металлов вследствие растворения материала деталей. Ионы меди, никеля, железа, цинка и других металлов выносятся промывными водами в сточные воды. Повышение содержания примесных металлов существенно снижает удельную электропроводимость [1], которая имеет большое значение для процесса электрохимической очистки и, как следствие, может вызвать выход из строя электрооборудования.

Присутствие ионов тяжелых металлов в хромосодержащих стоках требует производить процесс качественной очистки от шестивалентного хрома при его концентрации до 50 мг/л. Для снижения загрязнения сточных вод особо токсичными металлами, а также для улавливания ценных металлов на гальваническом участке после технологической ванны и перед ваннами промывки устанавливают ванны улавливания. Отработанная промывная вода из ванн улавливания представляет собой дважды разбавленный технологический раствор. Но сливать такую воду на очистные сооружения нельзя, т. к. это может вызвать нарушение работы очистных сооружений, что приведет к увеличению экологической опасности гальванического производства. Поэтому в производстве осуществляется электрохимическая очистка или метод электрокоагуляции основан на электролитическом растворении стальных электродов с образованием ионов  $Fe^{+2}$ , восстанавливающих  $Cr_2O_7^{2-}$  – бихромат – и  $CrO_4^{2-}$  – хромат ионы:



Таким образом, в результате происходящих процессов образуются гидроксиды  $Fe^{2+}$  и  $Fe^{3+}$ ,  $Cr^{3+}$ , а также других тяжелых металлов, ионы которых могут присутствовать в сточных водах, при этом достигается минимальная концентрация  $Cr_2O_7^{2-}$  и  $CrO_4^{2-}$ .

Для полного осаждения образовавшихся гидроксидов металлов показатель pH обработанных стоков должен быть 6,5–7,5, для этого к отработанным стокам добавляют едкую щелочь или известковое молоко.

После электрокоагуляции сточные воды поступают на станцию доочистки, где происходит их осветление с использованием синтетического флокулянта – ПАА. Далее они отстаиваются в отстойниках, где отделяются от шлама. Который затем сбрасывается в шламонакопители, из которых выводятся в места захоронения.

На предприятии ЮрМАШ проблема захоронения гальванических шламов решается самым простым способом – их размещением в поверхностном шламохранилище. В год на предприятии образуется около 0,2 тыс. тонн.

Проблемой утилизации гальванических шламов и использование их в строительной отрасли занимались многие исследователи. Например, исследователи А.М. Шевцов, В.Ю. Ткаченко разработали композиционный состав, содержащий цемента 12–33 %, мелкого заполнителя – доменного граншлака и 30–60 %, шлама-отхода гальванического производства 7–10 %, вода остальное. Шлам представлял собой отработанный раствор и промывные воды, нейтрализованные известью и имел следующий состав, мас. (%):  $\text{Ca}^{2+}$  до 50,  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  до 25,  $\text{Al}^{3+}$  до 15,  $\text{SiO}_2$  до 20,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{2+}$  до 30,  $\text{Mg}^{2+}$  до 8, (Ni, Cu, Zn) до 8, (Pb, Cd, Hg) до 0,05, сульфаты до 50 %, фосфаты до 15 %, карбонаты до 50. Прочность на сжатие образцов из указанных составов, полученных авторами, составляла 38–52 МПа [2].

При этом важно отметить, что исследователи не учитывали pH среды, которая влияет на миграцию  $\text{Fe}^{3+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$  и др. ионов в водный раствор.

Разработчики М.А. Медков, А.А. Юдаков, В.А. Достовалов, В.И. Коломеец приготовили композиционную массу для бетонной смеси, которая включала цемент, заполнитель, (песок), и воду, с добавлением цианистого шлама гальванического производства предварительно прокаленного при 900 °С в количестве 0,05–0,15 мас. долей на 1 мас. долю цемента. Цианистый шлак гальванического производства относится к высокотоксичным отходам гальванического производства, поэтому его обеззараживали термическим разложением цианидов. Цианистый шлак содержит, мас. %: Cu 0,15; Zn 3,88; Ni 2,28; Cd 12,9; Fe 11,14; Mn 0,21; Cr 1,58; Al 0,7; CN- (17–21) Авторами было установлено, что введение продуктов термического разложения цианистых шламов в цементно-песчаную смесь в количестве 0,05–0,15 мас. долей на 1 мас. долю цемента приводит к упрочнению бетонных изделий на 4–12 %. [3]

### Эксперимент

В данной работе были выполнены исследования по разработке массовых составов минеральных композитов на основе гальванического шлама с высоким содержанием железа, цемента и различных наполнителей и изучены их свойства.

Гальванический шлак ООО «ЮрМаш», как отработанный раствор, представляет собой гетерогенную систему, состоящую из мелкодисперсной взвешенной фазы и раствора. Он характеризуется плотностью 1060–1100 кг/м<sup>3</sup>, pH 6,5–7,5. Согласно результатам анализа его рентгенофазного состава шлак имеет стабильный компонентный состав. (Таблица 1). (Средство измерения: энергодисперсионный рентгеновский флуоресцентный спектрометр EDX – 720)

Таблица 1. Химический состав шлама

Химические элементы	Fe	Cr	Ca	Zn	Al	Ni	Mn	Si	P	S
Массовое содержание, %	92,41	2,67	1,44	0,72	–	0,61	0,52	1,33	0,16	0,14
	87,60	2,56	5,05	–	0,54	0,63	0,64	2,68	0,19	0,12
	91,46	2,82	1,44	0,86	–	0,64	0,63	1,67	0,24	0,13

Шлак отбирался из шламонакопителя отделения его очистки и доставлялся в лабораторию. Приготовление смеси осуществлялось перемешиванием цемента, мелкого заполнителя разного состава, и шлама отхода гальванического производства с водой затворения, при этом количество воды корректировалось с учетом влажности шлама. Из полученной смеси готовили методом пластического формования образцы 40 × 40 × 40 см. Образцы высушивались при комнатной температуре и затвердевали.

Как показывают результаты анализа введение в состав минерального композита на основе гальванического шлама наполнителей, повышающих pH больше 8, процесс миграции ионов железа, никеля, хрома, цинка значительно возрастает.

Следовательно, гальванические шламы не могут быть использованы в составе строительных материалов, имеющих pH больше 8.

В исследовании были подготовлены также цементно-песчаные смеси с различным содержанием высокожелезистых гальванических шламов ООО ЮрМаш, которые могут использоваться в производстве бетонных изделий, цементно-песчано-глиняные, шлак-глина и другие композиционные составы, определены прочностные характеристики образцов и их экологическая безопасность.

Сравнивая результаты величин прочности на сжатие образцов можно сделать заключение, что наибольшее значение прочности и наименьшая миграция ионов  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Cr}^{3+}$ ,  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$  в раствор, соответ-

ствуется массовому соотношению шлама, цемента и наполнителя 1: 2:2 (соответственно). Композиция такого состава может быть использована для производства отделочных строительных материалов.

Среди образцов, которые подвергались обжигу, наибольшая прочность соответствует соотношению шлам-глина 1:4. Миграция ионов  $Ni^{2+}$   $Cr^{3+}$   $Zn^{2+}$   $Fe^{2+}$  из таких образцов в воду не превышала ПДК. Такая композиция может быть использована для производства керамического кирпича.

В нашем исследовании гальванический шлам был использован также как пигмент в составе вододисперсионной краски. При этом в нее вводился гальваношлам, ортофосфорная кислота до создания pH 7,5 и связывания до нерастворимых фосфатов ионы  $Ni^{2+}$   $Cr^{3+}$   $Zn^{2+}$   $Fe^{2+}$ . Цвет краски изменялся от светло-бежевого до коричневого, в зависимости от количества введенного шлама.

Таким образом, химический и фазовый состав высокожелезистого гальваношлага позволяет использовать его в качестве компонента композиций цементного и глиняного составов для использования их в производстве строительных материалов с экологически безопасными характеристиками.

### Список литературы

1. Баранова Е.В. Утилизация гальванических шламов в производстве экологически безопасных стеклокерамических.
2. Медков М.А., Юдаков А.А., Достовалов В.А., Коломеец В.И. Состав для приготовления бетона – патент РФ 2392243.
3. Шевцов А.М., Ткаченко В.Ю. Композиция для строительных работ – патент РФ 2074142 композиционных материалов : диссертация ... кандидата технических наук : 03.00.16. – Пенза, 2002. – 138 с.
4. Виноградов С.С. Экологически безопасное гальваническое производство / С.С. Виноградов ; под ред. проф. В.Н. Кудрявцева. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Глобус, 2002. – 352 с.
5. Вайншток П.Н. Очистка производственных сточных вод электрхимическим методом / П.Н. Вайншток, В.Д. Назаров, М.В. Назаров // Экология и промышленность России. – 2013. – № 2. – С. 18–21.
6. Морозов Д.Ю. Исследование возможности био- сорбционной очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов / Д.Ю. Морозов, М.В. Шулаев, В.М. Емельянов // Успехи в химии и химической технологии : Сб. науч. тр. Том XVIII, № 6(46). У78 М.: РХТУ им. Д.И. Менделеева, 2004. – С. 66–68.
8. Updating of sewage – purification facilities of electroplating enterprises with counterflow ion-exchange filters / V.F. Torosyan, E.S. Torosyan, P.D. Sorokin, A.A. Telitsyn // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. – 2015. – Vol. 91, Article number 012077. – p. 1–8 [1086511-2015]
9. Morozov D.Y. Biosorption Handling of the Machine-Building Plants Effluent/ D.Y.Morozov, M.V.Shulaev, V.M.Emelianov. // Biotechnology and The Environment Including Biogeotechnology/ Edit. by G. E. Zaikov et al./ Nova Science Publ., Inc., New York, 2004. – pp. 79–88
10. Шулаев М.В. Использование биосорбционного метода для очистки хромсодержащих сточных вод/ М.В.Шулаев, В.В. Нагаев, В.М. Емельянов, А.М. Гумеров// Биотехнология. Биотехника. – София. Болгария. – 1993. – С. 56–64.



## БРАСЛЕТ ДЛЯ ПЕРСОНАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА АРИТМИИ

А.А. Бояхчан, В.С. Солдатов, К.В. Оверчук

bojahchyan@yandex.ru

*Научный руководитель: Лежнина И.А., к.т.н., доцент кафедры ФМПК, ИНК, НИ ТПУ*

Уже в течение многих десятилетий сердечно-сосудистые заболевания лидируют в мировой структуре смертности, которая составляет более 17 млн человек в год [1]. Около 50 % от общего количества смертей от сердечно-сосудистых заболеваний (ССЗ) приходится на внезапную сердечную смерть (ВСС), которая более чем в 80 % начинается с аритмии и фибрилляции сердца (рис. 1) [2]. Причинами аритмии могут стать: стресс, недостаток сна, неправильное питание, отсутствие физической активности, а также ее переизбыток. Аритмия носит непредсказуемый характер, может проявляться хаотично и подобные эпизоды аритмии нельзя зарегистрировать при разовой записи ЭКГ в больнице.



*Рисунок 1. Причины смертности в мире*

Для решения этой проблемы могут быть использованы мониторы Холтера. Но ЭКГ Холтера назначаются человеку уже после обращения пациента в больницу, а учитывая, что на ранних стадиях заболевания, аритмия проявляется спонтанно, Холтер при суточной записи может не зафиксировать приступ аритмии.

Поэтому, для того чтобы диагностировать аритмию нужен именно непрерывный мониторинг. К устройствам непрерывного мониторинга относятся фитнес-трекеры и пульсометры, но главный недостаток этих приборов в том, что они имеют низкую точность из-за особенностей датчиков этих приборов. Кроме того, они не измеряют ЭКГ, а характер аритмии определяется именно по нарушению нормальной последовательности зубцов ЭКГ. Пульсометры не могут определять свои ритма сердца, так как не имеют специфических медицинских функций таких, а, следовательно, они не адаптированы под медицину.

Для решения проблемы непрерывного мониторинга разрабатывается специальный медицинский прибор, лишенный вышеперечисленных недостатков. Прибор представляет собой устройство в виде наручных часов (3D модель представлена на рис. 2). Отличительными чертами устройства будут возможность автоматического определения сбоя ритма, регистрация ЭКГ и возможность при необходимости отправить электрокардиограммы врачу.

Нарушения ритма сердца будут определяться на основе измерения одноканальной ЭКГ. Непрерывное наблюдение с помощью браслета позволит повысить выявлять аритмию на ранних стадиях и обнаруживать эпизодические симптомы заболевания.

Главным техническим преимуществом, а также существенным отличием от других устройств, является метод регистрации эквивалента одноканальной ЭКГ при помощи двух браслетов, синхронизируемых между собой по беспроводной связи. Такое решение позволяет получить стабильную ЭКГ в первом отведении.



Рисунок 2. 3D модель браслета

Для регистрации ЭКГ вместо обычных медицинских электродов используются емкостные электроды [3]. Эти датчики имеют возможность измерения физиологических параметров на поверхности человеческого тела. Датчики могут быть использованы для всех типов электрофизиологической диагностики. Обычно перед применением медицинских электродов кожу нужно обезжирить в местах, куда прикрепляются электроды, а также необходимо смазать специальным проводящим гелем. При использовании емкостных электродов, этого делать не нужно. Принцип их действия основан на принципе работы плоскопараллельного конденсатора. Электрод покрыт слоем диэлектрического материала, который служит диэлектриком между кожей и электродом. Датчик достаточно компактный ( $10 \times 10$  мм). Еще одна особенность этих датчиков - низкое потребление энергии.

На сегодняшний день был собран первичный макет устройства и проведены соответствующие эксперименты [4]. Регистрация ЭКГ проводилась одновременно с двух отведений (грудь и запястья правой и левой руки). На рис. 3 показаны электрокардиограммы, полученные в ходе эксперимента. По полученным данным можно сделать вывод, о том сигнал, полученный с двух рук наиболее сильный и четкий, помехи практически не наблюдаются.

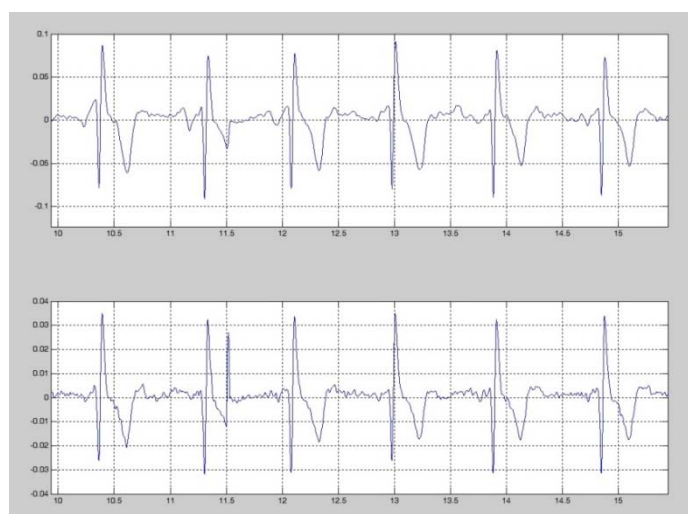


Рисунок 3. ЭКГ полученные с груди (сверху) и с запястья правой и левой руки (снизу)

На данный момент активно ведется разработка прототипа устройства, который уже можно будет носить на руке, а также провести все необходимые эксперименты. Структурная схема устройства представлена на рис. 4. В качестве аппаратной платформы будет использована высокопроизводительная плата LinkIt ONE компании Media Tek. Платформа использует микроконтроллер на чипе MT2502A с тактовой частотой 260 МГц. В платформу интегрированы все необходимые модули (такие как GSM, GPRS, Bluetooth и т. д.), поэтому целесообразно использовать данный чип в персонально носимых устройствах.

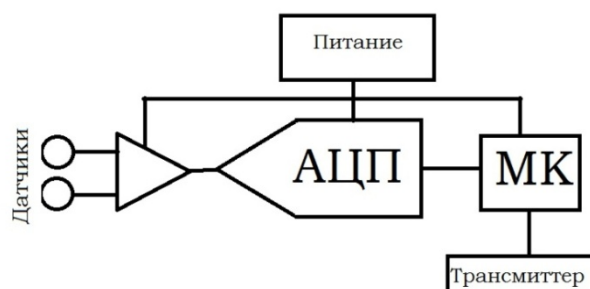


Рисунок 4. Структурная схема устройства

Что касается потребителей данного прибора, то в первую очередь ими станут, люди с сердечно-сосудистыми заболеваниями, а также находящиеся в группе риска. Другим, сценарием применения может стать спортивная медицина, так как спортсмены бережно относятся к своему здоровью.

Также возможно применение для пациентов находящихся на лечении в стационаре.

### Список литературы

1. Всемирная организация здравоохранения, Основные причины смерти [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs310/ru/index2.html>, режим доступа – свободный.
2. Global Telemedicine Market (2015–2019) // Mordor Intelligence. – 2015.
3. Yu Mike Chi // Dry-contact and noncontact biopotential electrodes, IEEE reviews in biomedical engineering. – 2010. – V. 3. – p. 106.
4. Overchuk K.V., Boyakhchyan A.A., Uvarov A.A., Soldatov V.S. VIII Международная студенческая электронная научная конференция «Студенческий научный форум», Россия, 2016.

# ИНСТРУМЕНТ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ЗДРАВООХРАНЕНИИ

Т.А. Фоминых, О.А. Даниленко, А.А. Даниленко

*Fominikh.tat@gmail.com*

*Научный руководитель: Голубева А.А., к.т.н., ГБОУ ВПО Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники, ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России*

Достигнутые развитыми странами, в последние десятилетия, высокие стандарты качества жизни населения, устанавливают новые ориентиры социального благополучия и для Российской Федерации. Это актуализирует задачи обеспечения доступности, повышения качества медицинской помощи и эффективности системы охраны здоровья населения, для удовлетворения его потребностей. Одной из самых крупных программ, направленных на развитие медицины в России, является Государственная программа – «Развитие здравоохранения». В ней сформулированы основные приоритеты развития медицины, также отражены базовые подходы к повышению качества предоставляемой медицинской помощи и улучшения уровня подготовки медицинских кадров. В подпрограммах представлено распределение финансирования, обозначены количественные и качественные показатели эффективности достижения поставленных целей. Для достижения выше обозначенных приоритетов государственной политики необходим новый подход, позволяющий проводить оценку эффективности подпрограмм развития здравоохранения, осуществлять поддержку принятия управленческих решений в сфере здравоохранения, формировать комплексы научно-обоснованных мероприятий по совершенствованию системы здравоохранения в целом и по отдельным направлениям.

Предлагаемым авторами подход представляет собой веб-ориентированную трёхзвенную клиент-серверную технологию поддержки принятия управленческих решений, которая послужит вспомогательным инструментом при проведении оценки эффективности целевых программ и формированию научно-обоснованных мероприятий по совершенствованию системы здравоохранения в целом и по отдельным направлениям. Представленная технология нашла отражение в информационной системе – веб приложении, предназначенной для проведения углубленного анализа, накопленной по регионам и муниципальным образованиям, пространственно-временной информации об объектах исследования, на основании которой будет возможно решать задачи по отбору информативных признаков, прогнозированию, классификации, кластерному анализу данных. Для решения вышеописанных задач используются методы и подходы, основанные на принципах машинного обучения, искусственного интеллекта, математической статистики.

Информационная система состоит из трех основных программных компонент: базы данных, серверной и клиентской части системы. База данных служит хранилищем случаев нарушения, оценок состояния и факторов формирования здоровья населения и представляет собой SQL СУБД с заданной структурой, подготовленной для хранения необходимых объемов информации. Основной задачей является хранение информации и предоставление своевременного доступа к ней. Клиент-серверная часть системы состоит из множества основных и вспомогательных модулей, отвечающих за обработку и представление информации по комплексной оценке состояния и выявления факторов формирования здоровья населения. К основным модулям относятся: модуль отбора информативных признаков, модуль прогноза основанный на нечетком аппроксиматоре, модулей классификации и кластеризации данных, модуле анализа информации, полученной по регионам и муниципальным образованиям Российской Федерации.

Решение представленных выше задач позволит проводить комплексный анализ целевых программ и текущей государственной политики в сфере здравоохранения, посредством оценки показателей состояния здоровья и социально-экономических факторов на него влияющих. Группировать и кластеризовать регионы с целью выявления, тиражирования лучших практик, и выявления обособленных групп факторов, влияющих на показатели эффективности целевых программ. Осуществлять прогноз вышеописанных показателей здоровья и показателей эффективности целевых программ. На основании полученной информации будут формироваться комплексы научно-обоснованных мероприятий по совершенствованию системы здравоохранения субъектов Российской Федерации в целом и по отдельным направлениям. Внедрение данного подхода в систему менеджмента, экономики позволит осуществлять поддержку принятия управленческих решений в сфере здравоохранения.

### **Список литературы**

1. Министерство здравоохранения Российской Федерации [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.rosminzdrav.ru/news/2014/01/30/1686-gosudarstvennaya-programma-razvitiya-zdravo-ohraneniya-rossiyskoj-federatsii> (дата обращения: 17.03.2016).
2. Онлайн библиотека. Методы изучения общественного здоровья [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.plam.ru/nauchlit/medicinskaja\\_statistika\\_konspekt\\_lekcii/p3.php](http://www.plam.ru/nauchlit/medicinskaja_statistika_konspekt_lekcii/p3.php) (дата обращения: 15.03.2016).

# КОМПЛЕКСНАЯ СИСТЕМА ИНДИВИДУАЛЬНОГО МОНИТОРИНГА ТЕЧЕНИЯ ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

Е.С. Куликов, В.А. Бойков, А.А. Голубева

alex.golubeva.working@gmail.com

*Научный руководитель: Деев И.А., д.м.н., профессор,  
ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России*

В современном обществе распространенность хронических неинфекционных заболеваний (ХНИЗ) достигло масштабов эпидемии. Смертность по причине ХНИЗ занимает первое место во всем мире. На сегодняшний день болезни сердечно-сосудистой системы, рак, хронические респираторные заболевания и диабет являются причиной 63 % всех случаев смерти. Необходимо отметить, что число летальных исходов при ХНИЗ больше, чем от всех других причин вместе взятых. Наибольшую тревогу вызывает тот факт, что погибают люди трудоспособного возраста. Так по данным Всемирной Организации Здравоохранения за 2008 год примерно треть умерших от хронических заболеваний были в возрасте до 60 лет [1]. Наибольший вклад в смертность от ХНИЗ в России вносят сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ), на долю которых приходится около 55 % общей смертности. В то же время в США на долю смертности от ССЗ приходится 38 %, в Португалии – 42 %, в Бразилии – 32 % [2]. Неинфекционные заболевания не только наносят непоправимый вред здоровью, но и оказывают негативное социально-экономическое влияние.

Несмотря на то, что все современные клинические рекомендации делают акцент на необходимости своевременного выявления болезней, устранения факторов риска и раннего начала терапии ХНИЗ - распространенность поздней диагностики и недостаточной эффективности терапии остается достаточно высокой. При этом в большинстве случаев ХНИЗ имеют ясные, утвержденные международными клиническими рекомендациями критерии постановки диагноза, обострения, контроля болезни, что позволяет описать алгоритмы мониторинга на основании международных рекомендаций.

В этой связи представляется чрезвычайно актуальной разработка и внедрение в практическое здравоохранение комплексной системы индивидуального мониторинга течения хронических неинфекционных заболеваний по актуальной на сегодняшний день модели «врач-пациент».

Система представляющий собой веб-ориентированную трехзвенную клиент-серверную технологию мониторинга течения ХНИЗ по модели «врач-пациент», обеспечивающую достижение и длительное поддержания контроля ХНИЗ посредством регулярного мониторинга параметров течения болезни со стороны пациента и регулярной оценки изменений параметров течения болезни со стороны врача, оперативную корректировку плана лечения. В роли клиента с одной стороны выступает мобильное приложение – личный кабинет пациента и врача, при помощи которого осуществляется фиксация простых в оценке параметров течения болезни, корректировка плана лечения, уведомления врача о смене состояния пациента в режиме реального времени. В роли клиента с другой стороны выступает рабочее место врача, представляющее собой веб-приложение, при помощи которого осуществляется регистрация пациентов в системе, фиксация амбулаторных визитов и назначенной терапии, анализ и обработка собранных о пациенте данных.

Для проведения широкомасштабного внедрения данного решения необходима оценка экономической эффективности предлагаемой технологии индивидуального мониторинга ХНИЗ. Оценка экономической эффективности системы удаленного мониторинга была проведена на примере одной нозологии бронхиальной астмы (БА) на параметрах, оценивающих влияние на частоту госпитализаций и количество посещения лечащего врача. В качестве объекта исследования выступала модельная медицинская организация с 20 000 прикрепленного населения. Учитывая среднюю распространенность БА в популяции, среднее значение комплаентности пациентов с БА по данным фармако-экономических исследований, стоимость случая госпитализации в системе ОМС, медицинская организация несет прямые расходы на госпитализацию данной когорты пациентов в размере 3,6 млн руб./год, затраты на посещения лечащего врача составляют 2,5 млн руб./год. Внедрение системы удаленного мониторинга ХНИЗ обеспечит экономии для медицинской организации в размере 1,5 млн руб. в год на примере параметра – частота госпитализации, и 750 тыс.руб./год на примере параметра – посещения лечащего врача. Суммарный экономический эффект от внедрения предлагаемой технологии на среднем модельном учреждении на примере одной нозологии бронхиальной астмы составит 2,25 млн руб./год.

Предлагаемая технология, нашедшая отражение в комплексной системе индивидуального мониторинга течения хронических неинфекционных заболеваний будет востребована на рынке, как пациентами и врачами, так и медицинскими организациями.

Внедрение технологии обеспечит неоспоримые преимущества для всех заинтересованных участников.

Потребитель услуги (пациент) получит регулярное удаленное наблюдение врачом, регулярный наглядный мониторинг течения болезни, оперативную корректировку плана лечения при изменении контроля болезни, как результат отсутствие пропусков посещения образовательных учреждений и работы, отсутствие зависимости от местонахождения пациента (отпуск, командировка), при необходимости посещения врача без очереди.

Врач получит обеспечение постоянной регистрации параметров течения болезни пациента, оперативное уведомление об изменении статуса болезни, автоматизацию процесса взаимодействия с пациентом.

Система здравоохранения получит инструмент быстрого достижения и длительного поддержания контроля болезни, снижение прямых затрат системы здравоохранения (потребность в СМП, лечение, госпитализация), снижение косвенных затрат системы здравоохранения (инвалидность, периоды нетрудоспособности), «разгрузку» амбулаторного звена.

### **Список литературы**

1. Доклад о ситуации в области неинфекционных заболеваний в мире 2014 // Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. – URL: [http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/148114/6/WHO\\_NMH\\_NVI\\_15.1\\_rus.pdf?ua=1](http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/148114/6/WHO_NMH_NVI_15.1_rus.pdf?ua=1) (дата обращения 30.03.2015).
2. Конференция, посвященная началу реализации проекта по профилактике неинфекционных заболеваний и борьбе с ними // Официальный сайт Всемирной организации здравоохранения [Электронный ресурс]. – URL: <http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/174009/1/Launch-Conference-Project-Prevention-Control-NCDs-ru.pdf?ua=1> (дата обращения 30.03.2015).



# ИММОБИЛИЗАЦИЯ ГИАЛУРОНОВОЙ КИСЛОТЫ НА PLLA СКАФФОЛДАХ, ОБРАБОТАННЫХ ПЛАЗМОЙ АТМОСФЕРНОГО ДАВЛЕНИЯ

Э.В. Киблер, В.Л. Кудрявцева, М.В. Журавлев

kibler.elina@mail.ru

*Научный руководитель: Твердохлебов С.И., доцент, к.ф.-м.н.*

В тканевой инженерии интенсивно развивается новый подход к восстановлению функций поражённых органов и тканей человека с применением полимерных материалов. Важная роль при этом подходе отводится скаффолдам – искусственным носителям живых клеток, имитирующих естественные внеклеточные скаффолды организма [1]. Для улучшения биосовместимости с клетками поверхность скаффолда модифицируют [2].

Большинство полимеров, применяемых для изготовления скаффолдов, гидрофобны, что снижает жизнеспособность клеток. Управляемая гидрофилизация поверхностей скаффолда является одним из необходимых условий модифицирования. На сегодняшний день существует множество способов гидрофилизации полимерных поверхностей. Одним из них является обработка поверхности неравновесной газоразрядной плазмой [3]. Плазменная обработка изменяет поверхностную энергию полимера и, как следствие, приводит к улучшению смачиваемости и стимулирует образование свободных радикалов [4].

В целях улучшения совместимости скаффолда с живыми тканями поверхность материала сшивают с биоактивными молекулами полимеров. Одним из таких полимеров, ускоряющих процесс регенерации и обладающих высокой гидрофильностью, является гиалуроновая кислота (ГК) [5].

Целью настоящей работы является: изучение свойств скаффолда из полимолочной кислоты, модифицированных в плазме атмосферного давления (ПАД) с последующей обработкой гиалуроновой кислотой.

Для формирования нетканых материалов использовали 4 % раствор поли-L-молочной кислоты PL38 (PURAC, Нидерланды) в хлороформе (ЭКРОС, Россия). Формирование нетканых материалов осуществляли методом электроспиннинга на установке NANON-01A® (МЕСС, Япония). В качестве сборочного коллектора использовали вращающийся цилиндр диаметром 100 мм, длиной 210 мм, при следующих технологических режимах: скорость подачи раствора – 6 мл/час, напряжение – 20 кВ, расстояние между иглой и коллектором – 190 мм, частота вращения сборочного коллектора – 50 об/мин. Для достижения кристаллизации материала скаффолды отжигали в вакууме при давлении 10 Па в течение 10 часов при температуре 90 °С.

Модифицирование скаффолдов в ПАД осуществлялось электродной системой с предыонизатором. Для модифицирования образцов параметры установки были следующими: частота следования импульсов – 500 Гц, напряжения импульса – 20 кВ, длительность импульса – 120 нс, энергия в импульсе – 0,3 Дж, время облучения – 10 минут.

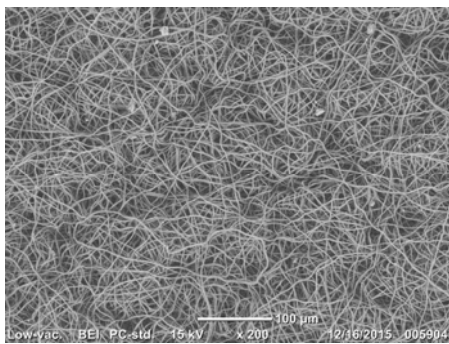
Три группы образцов, модифицированных в ПАД, подверглись обработке в водном растворе ГК различной концентрации: 0,1 %, 0,2 % и 0,3 % в течение 30 минут. Смачиваемость поверхности полученных образцов исследовали на установке «EasyDrop» (Krüss, Германия) методом «сидячей» капли (объем 3 мкл), помещенной на исследуемую поверхность, путем измерения краевого угла смачивания. Исследования морфологии поверхности скаффолдов до и после модифицирования проводили методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на приборе Quanta 400 FEG (FEI Company, США) с нанесением проводящего покрытия из золота. Исследование элементного состава проводили на ЯМР-Фурье спектрометре «AVANCE AV 300» (Bruker, Германия) при 300 МГц в растворах ДМСО.

Воздействие плазмы атмосферного давления приводит к резкому уменьшению угла смачиваемости как полярной, так и не полярной жидкостями, что объясняется активным образованием свободных радикалов на поверхности полимерного материала вследствие обработки плазмой.

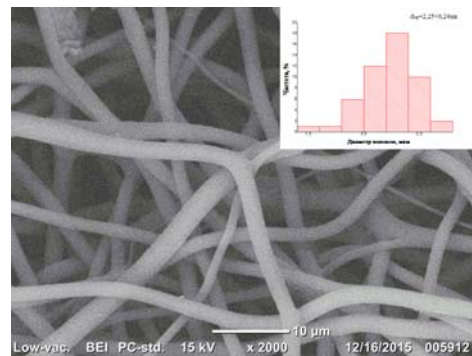
Образцы, обработанные водным раствором ГК, показывают большие углы смачиваемости, следовательно, меньшую гидрофильность по сравнению с образцом, модифицированным в ПАД и не обработанным раствором ГК, для которого наблюдается полная смачиваемость, из-за чего можно предположить, что свободные радикалы, образовавшиеся на поверхности материала, частично образовали связи с ГК.

При сравнении углов смачиваемости для модифицированных плазмой скаффолдов, обработанных раствором ГК с концентрацией 0,1 %, 0,2 % и 0,3 %, было замечено, что скаффолд, покрытый ГК с концентрацией 0,2 %, имеет наиболее низкое значение угла смачиваемости полярной жидкостью. При этом наименьшим углом смачиваемости неполярной жидкостью обладает скаффолд, покрытый ГК с концентрацией 0,3 %. Следовательно, данные режимы приводят к наиболее выраженной гидрофильности образца в сравнении с образцом, обработанным раствором ГК с концентрацией 0,1 %. Увеличение гидрофильности поверхности объясняется тем, что ГК обладает выраженными гидрофильными свойствами, и обработка скаффолда гиалуроновой кислотой улучшает его смачиваемость.

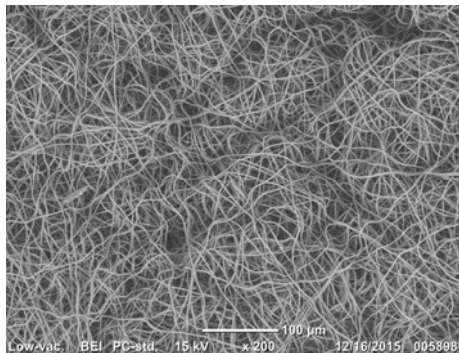
Для оценки влияния плазмы атмосферного давления на размеры волокон скаффолдов были построены гистограммы распределения по диаметрам волокон до и после модифицирования (рис. 1). Из сопоставления средних диаметров волокон всех пяти групп образцов видно, что при модифицировании поверхностей скаффолдов в ПАД и при обработке их ГК морфология скаффолдов остается неизменной.



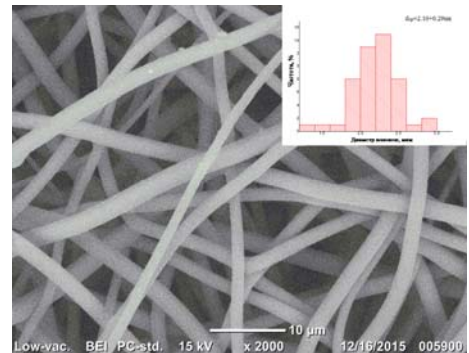
a)



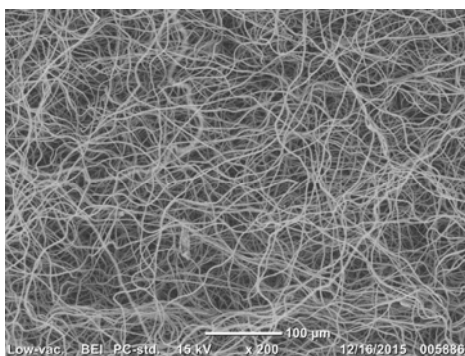
б)



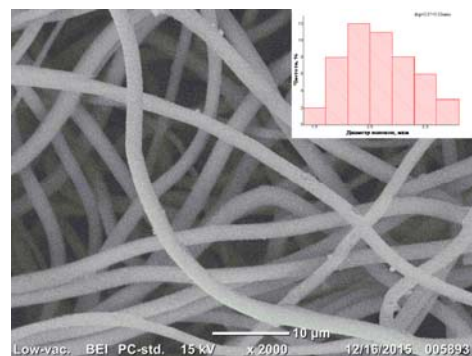
в)



г)



д)



е)

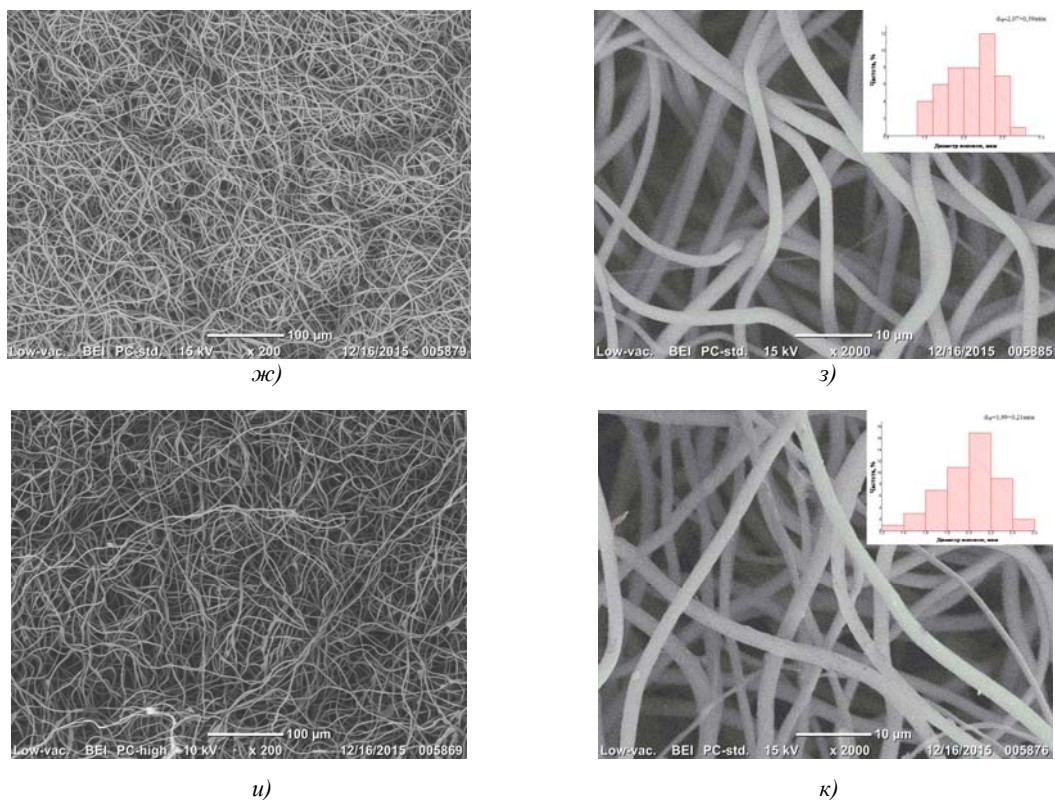


Рисунок 1. СЭМ изображения образцов с увеличением: а)  $\times 200$ , б)  $\times 2000$  не модифицированного и не обработанного ; в)  $\times 200$ , г)  $\times 2000$  модифицированного в ПАД; д)  $\times 200$ , е)  $\times 2000$  модифицированного в ПАД и обработанного в 0,1%-растворе ГК, ж)  $\times 200$ , з)  $\times 2000$  модифицированного в ПАД и обработанного в 0,2%-растворе ГК; и)  $\times 200$ , к)  $\times 2000$  модифицированного в ПАД и обработанного в 0,3%-растворе ГК

На рис. 2 представлены спектры ЯМР  $H^1$  двух образцов: образца, обработанного гиалуроновой кислотой с концентрацией 0,1 % и образца контрольной группы. Следы ГК лучше всего видны на спектре образца, обработанного ГК с концентрацией 0,1 %. Сигналы, соответствующие ГК, можно наблюдать в области 2–2,5 и 4–4,5 ppm. Частично сигналы совпали с сигналом растворителя (ДМСО) ( $\delta = 2,6$  ppm).

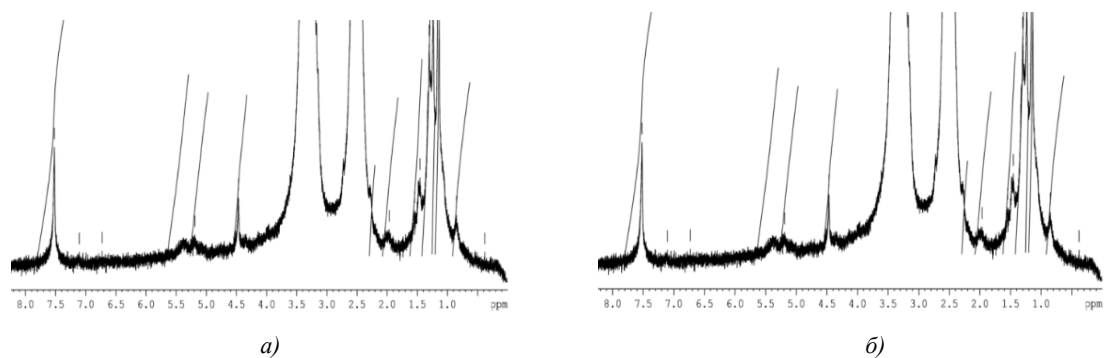


Рисунок 2. Спектры ЯМР  $H^1$ : а) образца контрольной группы и б) образца, обработанного гиалуроновой кислотой с концентрацией 0,1 %. Сигналы, соответствующие гиалуроновой кислоте, находятся в областях 2–2,5 ppm и 4–4,5 ppm

В работе было показано, что модифицирование поверхности скаффолдов полимолочной кислоты плазмой атмосферного давления приводит к резкому увеличению смачиваемости поверхности, обуславливающееся образованием свободных радикальных связей на поверхности образца. Также, данный способ модифицирования не приводит к изменению морфологии поверхности скаффолда.

Вследствие образования свободных радикальных связей присоединение молекул гиалуроновой кислоты возможно, о чем свидетельствуют спектры ЯМР  $H^1$ .

#### **Список литературы**

1. Bhardwaj N. Electrospinning: a fascinating fiber fabrication technique / N. Bhardwaj, S.C. Kundu // *Biotechnology advances*. – 2010. – V. 28. – N. 3. – P. 325-347.
2. Chu P.K. et al. Plasma-surface modification of biomaterials // *Materials Science and Engineering: R: Reports*. – 2002. – Т. 36. – №. 5. – С. 143–206.
3. Desmet T. et al. Nonthermal plasma technology as a versatile strategy for polymeric biomaterials surface modification: a review // *Biomacromolecules*. – 2009. – Т. 10. – №. 9. – С. 2351–2378.
4. Медведев Д.Д. и др. Плазмообразующие полимерные среды для инерциального термоядерного синтеза и биоинженерии // *Вопросы атомной науки и техники. Сер. Термоядерный синтез*. – 2010. – Т. 1. – С. 22-31.
5. Химическая модификация гиалуроновой кислоты и ее применение в медицине / Н.Н. Сигаева и др. // *Вестник Башкирского университета*. – 2012. – Т. 17. – №. 3. – С. 1220–1241.

# ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭМОЦИОНАЛЬНОГО СТРЕССА С ПОМОЩЬЮ АППАРАТУРЫ НА МЕДИЦИНСКИХ НАНОЭЛЕКТРОДАХ

Д.К. Нгуен, А.Б. Чистякова, В.Т. Динь

kqh1215@gmail.com

*Научный руководитель: Авдеева Д.К., д.т.н., профессор, ИНК НИ ТПУ*

Здоровье является одним из основных факторов человеческого благосостояния. Человек ежедневно подвергается различным стрессовым ситуациям, которые в свою очередь вызывают различные эмоции от радости до гнева. Эмоциональный стресс человека влияет на его здоровье, так как эмоции имеют прямую и обратную связь со всеми системами и органами человека и зарождаются непосредственно в центральной нервной системе, контролирующей всю жизнедеятельность. Поэтому любые изменения в деятельности органов дыхания, сердечно – сосудистой системы, пищеварения, желез внутренней секреции или скелетной и гладкой мускулатуры приводят к изменениям в эмоциональном фоне человека. В свою очередь, состояние эмоционального фона также способно влиять на жизнедеятельность организма. В данной статье рассмотрены и исследованы некоторые методы и приборы, использующие для оценки эмоционального стресса человека. Они помогают определить наличие стрессового состояния и предупредить порождаемую стрессом болезнь [1].

Существуют различных способов и устройство для измерения эмоционального стресса. Для экспресс-диагностики стресса используется ряд устных шкал и опросников, направленных на определение уровней тревоги и депрессии. Такие опросники, как, например, шкала депрессии Цунга, опросник Бека, шкала самооценки депрессии Уэйкфилда (Wakefield), шкала госпитальной тревоги и депрессии, оценочная шкала депрессии Гамильтона (Hamilton), шкала тревоги Спилбергера-Ханина хорошо рекомендовали себя в процессе диагностики степени хронического стресса. При их использовании тестируемому предоставляется текст с утверждениями вопросами и варианты ответов. Каждый ответ оценивается определенным числом баллов. Интерпретация результатов включает суммирование числовых баллов выбранных ответов пациентом, а обработка данных основана на сравнении полученной баллов с предложенными диагностическими критериями. Преимуществом подобных шкал является простота исследования и обработки результатов. Недостаток этих способов - очевидность направленности вопросов, что часто вызывает раздражительную реакцию на обследование в виде искажения ответов в случаях, когда у человека имеется потребность выглядеть в глазах экспериментатора определенным желательным образом. Так как возможность выявления и коррекции таких искажений в упомянутых тестах не предусмотрена, достоверность результатов оказывается невысокой. Во-вторых, такого рода шкалы не позволяют проводить динамическое наблюдение за испытуемым, поскольку данные при первом обследовании ответы легко запоминаются и нередко автоматически воспроизводятся при повторных опросах, что искажает результаты повторного тестирования.

Наряду с вербальными опросниками для определения уровня стресса используются также и проективные методики, из которых наиболее популярным является цветовой тест или метод цветочных выборов М. Люшера и его многочисленные модификации [2]. Преимуществами теста Люшера служат его привлекательность для пациентов, простота использования, краткость исследования, относительная независимость результатов от уровня образования, социального статуса, возраста, интеллекта и сознательных установок человека. К недостаткам относят возможность влияния на результаты ситуативных и ситуационных (например, характер освещения комнаты) факторов. Кроме того, убедительных доказательств теоретической валидности этого теста до сих пор не получено, что ставит под сомнение достоверность результатов диагностики уровня тревоги и тем более личностно-типологических свойств испытуемого.

В экспериментальных целях для оценки уровня стресса осуществляется анализ пространственно-временных параметров мимики, пантомимики, движений глаз, тембра и интонаций. Недостатком такого рода исследований является необходимость жесткой стандартизации условий исследования и их трудоемкость, что делает непригодным их проведение для обследования больших групп людей, подверженных риску эмоционального стресса [3].

Принципиально другой подход к распознаванию стресса включает регистрацию электрофизиологических параметров, служащих биологическими коррелятами психического стресса, таких как частота сердцебиений и дыхания, уровень кровяного давления, тремор и подвижность, электроокуло-



графия (ЭОГ), электрокардиография (ЭКГ), электроэнцефалография (ЭЭГ), электромиография (ЭМГ), кожно-гальваническая реакция (КГР). Эти методы составляют стандартный комплект полиграфа. Технологии проводной и беспроводной полиграфии активно используются для идентификации стресса, эмоционального статуса, утомления, обмана и других подобных состояний. Измерения на стандартном полиграфе имеют существенные недостатки, такие как: необходимость в ограничении подвижности; дискомфорт, связанный с креплением датчиков; громоздкая аппаратура; регистрацию и интерпретацию данных могут осуществлять только опытные операторы и эксперты. Беспроводные полиграфы (Lafayette Conventional Polygraphs, Wireless Bluetooth Module for LX5000, SXT ДАНЛИА) значительно мобильнее, однако остальные ограничения они полностью унаследовали от проводных прототипов. Результат обследования на полиграфе зависит от процедуры измерения и не позволяет диагностировать функциональное состояние в условиях свободного поведения.

В лаборатории медицинского приборостроения Национального исследовательского Томского политехнического университета разработан аппаратно-программный комплекс (АПК) для анализа эмоционального стресса человека на медицинских нанозэлектродах, использующий все перечисленные электрофизиологические методы. Для съема биосигнала использовались нанозэлектроды. В процессе изготовления нанозэлектродов использовали наночастицы из серебра, размер которых не более 100 нм. В нанозэлектродах повышается количества керамической диафрагмы, наполненной наночастицами серебра, с помощью особенной технологии вживлении наночастиц в поры приводит к увеличению количества нанозэлектродов в порах керамической диафрагмы.

С повышением числа нанозэлектродов уменьшается уровень собственных шумов нанозэлектродов, составивший 10–100 нВ. При токах ниже 0.5 мкА нанозэлектроды не поляризуются и обладают невысокими контактными потенциалами. При использовании их в несколько минут дрейф изолиний получает не более 0.001 мкВ/с при токе не повышает 1 нА; менее 0.01 мкВ/с при токе не повышает 100 нА. Данные преимущества позволяют получить более высокочувствительный прибор и более точную диагностику.

При снятии сигнала ЭКГ для анализа эмоционального стресса применяется стандартный метод Холтера. Для ЭЭГ используется система «10–20 %». При снятии сигнала КГР электрод накладываются на безымянный и указательный пальцы.

В процессе записи сигналов испытуемый отвечал на различные вопросы для определения зависимости степени тревожности, вызываемой вопросами, и степени искажений, вносимых в сигналах ЭКГ, ЭЭГ и КГР. Вопросы содержали незначимые эмоционально нейтральные типа: «Вы едите суп?», так и эмоционально значимые вопросы типа: «Вы боитесь смерти?». Обработка полученных сигналов производилась благодаря разработанной программе автоматической обработки сигналов.

На рис. 1 показано довольно сильные искажения сигнала ЭКГ (красный), ЭЭГ (зеленый), КГР (синий). Это искажение связано с волнением испытуемого при ответе на вопросы.



Рисунок 1. Записи сигналов ЭКГ (красный), ЭЭГ (зеленый), КГР (синий)

По уровню амплитуды колебаний можно оценить о уровне эмоционального стресса человека. Нейтральные вопросы показывали незначительные искажения кривой КГР или не показывали их вообще, в отличие от «тревожных вопросов», показывавших самые высокие колебаний.

Достоинством этого способа является применение вопросов с различными уровнями тревожности в процессе записи электрофизиологических сигналов для точного анализа эмоционального стресса человека. Повышение разрешающей способности средств для оценки эмоционального стресса человека является актуальной задачей в настоящее время.

Проводимые на базе лаборатории медицинского приборостроения исследования позволили достигаться новых результатов в улучшении характеристик АПК, работающих на принципе регистрации электрофизиологических сигналов человека.

Открытия, произведенные во время исследования, позволили разработать новый класс наносенсоров. Отличительными особенностями разработанных наносенсоров являются высокая помехоустойчивость, высокая чувствительность. Разрабатываемый наносенсоры позволяют создать на их основе высокочувствительные, быстродействующие, безопасные измерительные комплексы, которые предоставят возможность по-новому исследовать организм человека. Одновременно, с применением существующие тестированные методы в процессе записи электрофизиологических сигналов дают более точного исследования эмоционального стресса человека.

#### **Список литературы**

1. Собчик Л.Н. Стандартизированный многофакторный метод исследования личности (ММПИ) / Л.Н. Собчик. – Москва : СПб, 2004. – 251 с.
2. Бреслав Г.Э. Психокоррекция детской агрессивности : учебное пособие / Г.Э. Бреслав. – Москва : СПб. 2004. 144 с.
3. Michal Kahn, Gal Sheppes, Avi Sadeh. Sleep and emotions: Bidirectional links and underlying mechanisms // International Journal of Psychophysiology. – 2014. – № 2. – p. 125.



# МОНИТОРИНГ ЭПИДЕМИОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ХРОНИЧЕСКИХ НЕИНФЕКЦИОННЫХ ЗАБОЛЕВАНИЙ

А.А. Голубева, А.М. Антипова, В.Д. Захарова, Т.М. Носикова, М.В. Пушкин, В.П. Поршнева

universfavori@gmail.com

*Научный руководитель: Деев И.А., д-р мед. наук, профессор,  
ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России*

Статистическая информация о состоянии здоровья населения является основой подготовки решений по выбору приоритетов, определению стратегии развития системы здравоохранения в разрезе муниципальных образований и субъектов Российской Федерации. В связи с чем, особую актуальность представляет повышение качества государственной статистики, обеспечение полноты и достоверности информации, а также её сопоставимости внутри страны в межрегиональном разрезе.

В настоящее время практика учета случаев заболеваний, выявленных и зарегистрированных специализированными учреждениями, по стране неоднородна [1] и требует пересмотра системы показателей, приемов и методов сбора, обработки, накопления и анализа информации в условиях современных технических возможностей. Что обуславливает актуальность вопросов, решение которых легло в основу проектной деятельности по разработке нового подхода, позволяющего осуществлять мониторинг эпидемиологических исследований хронических неинфекционных заболеваний в разрезе субъектов Российской Федерации и муниципальных образований.

Решение для выявленной проблемной ситуации находится в разработке веб-ориентированной информационной системы, осуществляющей сбор и обработку статистической информации о популяции без искажений и дублирования данных. В общем виде система представляет собой унифицированный инструмент для проведения опросов в режиме on-line, разработанный в рамках единого методологического подхода, представляющий собой валидизированный способ сбора информации о состоянии здоровья населения в нозологическом разрезе (ревматоидный артрит, болезни глаз, аритмия, артериальная гипертензия, сколиоз, болезни органов дыхания, болезни почек) и разрезе стратифицирующих признаков (пол, возраст, социальное положение, употребление табака, употребление алкоголя, рост, вес) по субъектам Российской Федерации и муниципальным образованиям. В систему интегрированы три модуля. Первый – проведения опросов в режиме on-line, который позволяет осуществлять сбор информации о состоянии здоровья населения в нозологическом разрезе и разрезе стратифицирующих признаков. Второй – модуль анализа пространственно-временных и эпидемиологических данных об объектах исследования, который позволяет проводить углубленный анализ накопленной медико-демографической информации. Третий – модуль графической визуализации результатов исследования, который необходим для представления в удобной форме данных, накопленных в результате сбора и анализа информации (при помощи различных комбинаций графиков, диаграмм и интерактивных карт), как в межрегиональном аспекте, так и в разрезе нозологий и стратифицирующих признаков.

На сегодняшний день система разработана на 80 %, реализованные модули находятся в режиме апробации на реальных данных, отражающих состояние здоровья популяционных групп. В рамках апробационного периода планируется собрать информацию о состоянии здоровья населения в нозологическом разрезе и разрезе стратифицирующих признаков по субъектам Российской Федерации и муниципальным образованиям.

После проведения апробационных исследований планируется корректировка и расширение модуля проведения опросов в режиме on-line по ряду дополнительных нозологий. Также планируется расширение системы функционалом, позволяющим осуществлять отбор информативных признаков, прогнозирование, классификацию, кластерный анализ данных. Для решения вышеописанных задач используются методы и подходы, основанные на принципах машинного обучения, искусственного интеллекта, математической статистики.

В заключении хотелось бы отметить, что разрабатываемый подход в рамках проведения эпидемиологических исследований, позволит оценить фактическую структуру уровня заболеваемости и формировать комплексы научно-обоснованных мероприятий по совершенствованию системы оказания медицинской помощи населению в целом, так и по отдельным направлениям. Что будет иметь большое значение для развития и повышения эффективности всей системы жизнеобеспечения страны и развития систем управления и здравоохранения.

## Список литературы

1. Антонова О.И. Методологические проблемы сбора сведений по статистике здравоохранения от лечебно-профилактических учреждений: [Электронный ресурс] / Т.М. Максимова, Е.В. Огрызко. – Режим доступа: <http://www.institutiones.com/general> (дата обращения: 21.03.2015).

# ОЦЕНКА ТЕМПОВ ВЫХОДА ПАРАЦЕТАМОЛА ИЗ СИНТЕТИЧЕСКИХ БИОДЕГРАДИРУЕМЫХ МАТРИКСОВ НА ОСНОВЕ ПОЛИКАПРОЛАКТОНА

А.А. Ракина, Е.А. Генке

aar37@tpu.ru

*Научный руководитель: Твердохлебов С.И., к.ф.-м.н., Физико-технический институт,  
кафедра экспериментальной физики*

Сегодня в научном сообществе активно обсуждаются адресная доставка и возможности контролируемого высвобождения плохо растворимых в воде лекарственных препаратов. Причины этого просты: во-первых, локализация препарата позволит ускорить процесс его воздействия и, во-вторых, позволит сократить необходимые дозы, что облегчит прием для детей и стариков, а контролируемое высвобождение приведет к тому, что материал будет «пить таблетки за вас», постепенно передавая организму определенные объемы лекарства. В частности, весьма перспективными материалами для реализации эффективной доставки лекарств в организм человека представляются синтетические биodeградируемые полимерные матриксы на основе поликапролактона (PCL) и нерастворимого в воде лекарственного препарата, получаемые методом электроспиннинга [1]. Хорошие результаты были достигнуты включением в подобную матрицу ибупрофена и карведилола [2]. Целью данного исследования было создание опытных образцов матриксов на основе PCL и парацетамола и оценка темпов выхода препарата в буферную среду.

Для приготовления прядильных растворов были использованы поликапролактон (PCL)  $M \sim 70,000\text{--}90,000$  г / моль (Sigma-Aldrich, Германия), гексафторизопропанол (ГФИП) (Экос-1, Россия), парацетамол (Shandong Xinhua Pharmaceutical, Китай). Фосфатно-солевой буферный раствор ( $pH = 7,4$ ) получали путем смешивания 200 мл дистиллированной воды с 2 таблетками порошка фосфатно-солевого буфера (Биолот, Россия).

Контрольный раствор PCL (7 мас. %) готовили путем растворения 4,5 г гранул PCL в 59,8 г ГФИП. Для приготовления (8 мас. %, 16 мас. %, 32 мас. %, в пересчете на сухую массу полимера) растворов PCL с парацетамолом, в предварительно растворенный в ГФИП порошок парацетамола добавляли 4,5 г гранул PCL, затем добавляли остальную массу растворителя (в расчете 59,8 г на весь раствор). Смеси выдерживали в течение 30 ч при комнатной температуре в герметичных стеклянных контейнерах до полной гомогенизации.

Формование волокистого материала выполнялось на установке для электроспиннинга Nanop-01 (MECC CO., Япония) на цилиндрическом коллекторе диаметром 200 мм при средней температуре в камере 23 °C и относительной влажности  $\phi = 15$  %. Параметры процесса, использованные в данном исследовании, приведены в таблице 1.

*Таблица 1. Параметры процесса, оптимизированные для подготовки нановолокон PCL, загруженных парацетамолом*

Параметр, ед. измерения	Значение	Параметр, ед. измерения	Значение
Напряжение, кВ	20	Ширина матрикса, мм	70
Скорость подачи, мл/ч	5	Диаметр иглы, мм	1.2 (18G)
Скорость вращения коллектора, об/мин	50	Расстояние между иглой и коллектором, мм	150
Объем раствора, мл	8	Частота/интервал очистки иглы, мин	10/0

Полученные матриксы показали различную адгезию к коллектору, которая усиливалась с увеличением концентрации лекарственного средства. Для отделения матрикса с загруженным парацетамолом от поверхности коллектора без повреждения структуры материала был использован изопропиловый спирт в качестве увлажняющего агента. После отделения образцы были помещены в лабораторную вакуумную камеру на 24 часа ( $5 \times 10^{-3}$  кПа) для удаления остаточных растворителей.

Средний диаметр нановолокон определялся с помощью СЭМ (Quanta 200 3D Dual Beam, FEI Company, США). Представители каждой группы образцов, помещенные на токопроводящий скотч, подвергались напылению тонкого слоя золота, чтобы обеспечить электрический контакт материала с подложкой и предотвратить накопление отрицательного заряда на поверхности образцов. 100 слу-

чайным образом выбранных волокон были измерены с использованием программного обеспечения ImageJ (NH, USA). Средний диаметр волокна и его стандартное отклонение указаны на рис. 1.

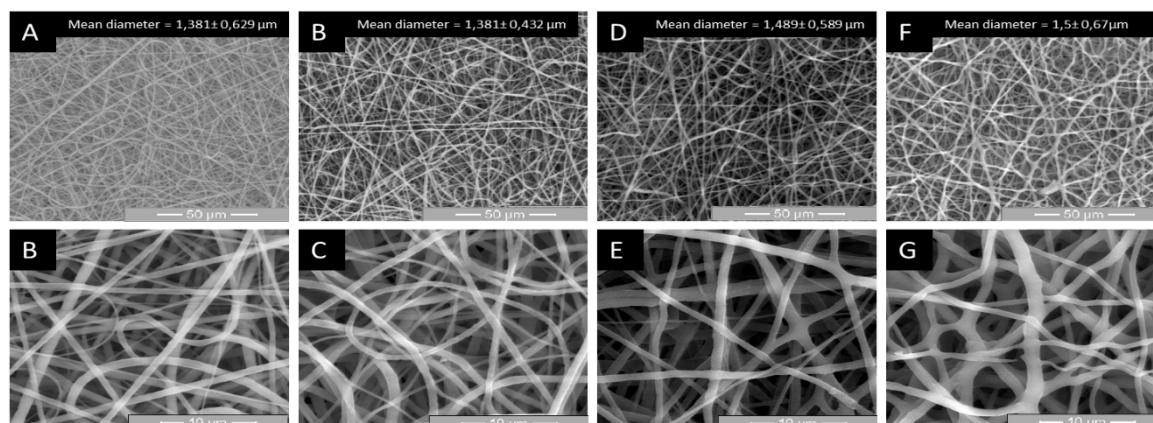


Рисунок 1. СЭМ-изображения нановолокон PCL с концентрацией 8 мас. % (B ( $\times 1000$ ), C ( $\times 20000$ )), 16 мас. % (D, E), 32 мас. % (F, G) парацетамола (от массы сухого полимера) и контрольного образца (A, B).

Электроспиннинг прядильных растворов по выбранным параметрам (таблица 1) позволил получить ориентированные случайным образом волокна с высокоразвитой поверхностью. Были успешно получены матрицы с высоким содержанием парацетамола (рис. 1, F, G). Высокое содержание лекарственного вещества влияет на морфологию матриц, как показано на рис. 1 и сообщалось ранее в работах [3,4]. На СЭМ-изображениях сформированных с включением парацетамола матриц видны нановолокна с гладкой поверхностью, без видимых кристаллов, что указывает на полное проникновение парацетамола в тело волокон. В то же время, заметна тенденция к слипанию волокон при увеличении содержания лекарственного препарата. На макроскопическом уровне это явление коррелирует с изменением адгезии между матриком и коллектором.

Для первичного анализа скорости выхода парацетамола из матрикса был выбран матрикс с 16 мас. % содержанием парацетамола. Из матрикса были вырезаны четыре квадратных образца площадью  $35 \text{ мм} \times 35 \text{ мм}$ . Образцы были помещены в четыре стеклянных сосуда и закреплены с помощью держателей из нержавеющей стали. Затем 35 мл фосфатно-солевого буфера ( $\text{pH} = 7,2-7,4$ ), выбранного в качестве среды, моделирующей физиологические жидкости, добавляли к каждому образцу так, чтобы полностью покрыть его поверхность. Образцы выдерживались при комнатной температуре в течение двух недель на магнитной мешалке. Через заранее определенные промежутки времени 200 мкл раствора отбирали на пробу и возвращали равный объем чистого буфера. После центрифугирования (3 мин, 50000 оборотов в минуту) образец анализировали с помощью ВЭЖХ (Agilent 1200 Infinity, Agilent Technologies, USA) для определения концентрации парацетамола. Анализ проводили с использованием колонки C18 (3,5 мкм, 75 мм  $\times$  2 мм, МИЛИХРОМ, Россия) при 35 °С. Подвижная фаза – ацетонитрил и трифторуксусная кислота в объемном соотношении 90:10. Скорость потока элюэнта – 0,2 мл/мин, парацетамол определяли с помощью детектора диодной матрицы на длине волны 240 нм.

По результатам ВЭЖХ строились кинетические зависимости (рис. 2).

В первые 10 минут эксперимента происходит резкий скачок концентрации парацетамола, и затем наступает область насыщения. Концентрация, при достижении которой выход лекарственного препарата значительно замедляется, соответствует 60 %.

Такие быстрые темпы выхода парацетамола могут быть объяснены тем, что лекарство концентрируется преимущественно на поверхности нановолокон, а величина совокупной площади поверхности материала существенно превосходит величину его объема. Также, тот факт, что концентрация парацетамола в буферном растворе не увеличивается по достижении 60 %, возможно связан, с тем, что часть лекарства могла быть удалена вместе со спиртом в процессе отделения материала от коллектора.

Полученные результаты показали, что метод электроспиннинга может быть использован для получения нановолокон PCL с высокой концентрацией парацетамола. Для матрикса с содержанием парацетамола 16 мас. % показано, что интенсивный процесс выхода крайне короток и занимает около 10 минут, что указывает на локализацию вещества преимущественно на поверхности нановолокон.

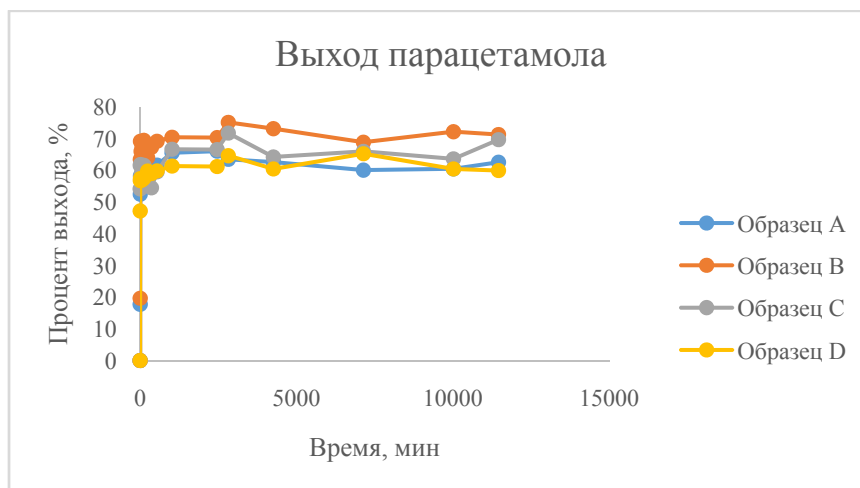


Рисунок 2. Кинетические зависимости выхода парацетамола из матриц в буферном растворе

В дальнейшем для более детальной оценки исследуемых процессов необходимо произвести дополнительные исследования материала: изучение распределения массы препарата на поверхности и в объёме матрикса и точное определение фактического содержания лекарства в образце после завершения всех операций синтеза и обработки.

В целом, формирование нановолоконных материалов методом электроспиннинга представляет собой многообещающий подход к адресной доставке и контролируемому выходу плохо растворимых в воде лекарственных средств.

Исследование было финансово поддержано Министерством образования и науки Российской Федерации, Федеральная целевая программа (соглашение № 14.578.21.0031, уникальный идентификатор RFMEFI57814X0031).

#### Список литературы

1. Precipitation casting of polycaprolactone for applications in tissue engineering and drug delivery / A.G. A.Coombes et al. // *Biomaterials*. – 2004. – Т. 25. – №. 2. – С. 315–325.
2. Liu H., Leonas K.K., Zhao Y. Antimicrobial properties and release profile of ampicillin from electrospun poly ( $\epsilon$ -caprolactone) nanofiber yarns / H. Liu, K.K. Leonas, Y. Zhao // *J Eng Fiber Fabr.* – 2010. – Т. 5. – №. 4. – С. 10–19.
3. Electrospun polycaprolactone nanofibers as a potential oromucosal delivery system for poorly water-soluble drugs / T. Potrč et al. // *European Journal of Pharmaceutical Sciences*. – 2015. – Т. 75. – С. 101–113.
4. Controlled release of metronidazole benzoate from poly  $\epsilon$ -caprolactone electrospun nanofibers for periodontal diseases / M. Zamani et al. // *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics*. – 2010. – Т. 75. – №. 2. – С. 179–185.

# СИСТЕМА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ И ВЫЯВЛЕНИЯ ФАКТОРОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЗДОРОВЬЯ НАСЕЛЕНИЯ И ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ УПРАВЛЕНЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ С УЧЕТОМ РЕГИОНАЛЬНОЙ ДИФФЕРЕНЦИАЦИИ В РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

И.А. Деев, И.П. Шибалков, В.А. Бойков, М.Н. Милькевич, А.А. Голубева, Е.С. Куликов, А.О. Наумов

shibalkov.ivan@yandex.ru

*Научный руководитель: Кобякова О.С., д-р мед. наук, профессор, ГБОУ ВПО «Сибирский государственный медицинский университет» Минздрава России*

Усиление социальной направленности государственной политики в России в условиях ограниченного финансирования актуализируют необходимость применения индикаторов оценки эффективности реализуемых мероприятий в сфере охраны здоровья населения, превосходящих по информативности стандартные (заболеваемость, смертность). В настоящее время, в зарубежной практике в целях оценки состояния здоровья населения и его влияния на экономику наиболее широко используются «модели индексов статуса здоровья», в частности – индекс DALY. В концептуальной основе этих моделей здоровье человека рассматривается как дискретное состояние, принимающее значения от полного здоровья до смерти. Впервые показатель количества потерянных лет здоровой жизни (DALY – disability adjusted life years) был использован Всемирным Банком в 1993 г. в отчете под названием «Инвестиции в здоровье» для оценки и выбора наиболее предпочтительных с точки зрения стоимости-эффективности вмешательств в здравоохранении. С помощью DALY возможно количественно оценить груз болезней в обществе, который связан как с преждевременной смертностью (YLL – years life lost – годы потерянной жизни в результате преждевременной смертности) и, так и с временной или постоянной инвалидизацией (YLD – years lost due to disability – годы жизни, потерянной вследствие нарушений здоровья (без учета смертельных исходов)). Индекс DALY дает комплексное представление о состоянии здоровья популяции и эффективности государственной политики. В России существуют все необходимые предпосылки для расчета индекса DALY на любом уровне управления.

Целью нашего проекта является разработка системы, позволяющей проводить комплексную оценку состояния здоровья населения в половозрастном и нозологическом разрезе по регионам и муниципальным образованиям Российской Федерации, выявлять факторы формирования здоровья населения с учетом региональной дифференциации и разрабатывать совокупность научно обоснованных мероприятий по совершенствованию системы оказания медицинской помощи с вариативной детализацией от стратегической программы развития отрасли в целом до выбора конкретных мероприятий по различным направлениям (далее – система).

В рамках разработки системы комплексной оценки состояния и выявления факторов формирования здоровья населения и поддержки принятия управленческих решений созданы:

- 1) модель комплексной оценки здоровья населения и факторов его формирования на основе индекса DALY;
- 2) оригинальные алгоритмы расчета потенциальных вариантов действий для снижения потерь здоровья населения, в т. ч. по социально-значимым заболеваниям;
- 3) уникальный программный комплекс оценки состояния и факторов формирования здоровья населения;
- 4) совокупность оценок состояния здоровья населения;
- 5) совокупность обоснованных подходов к повышению эффективности системы здравоохранения на всех уровнях управления.

Система позволяет проводить анализ состояния здоровья населения и эффективности государственной политики в сфере здравоохранения с учетом региональных дифференциаций в Российской Федерации, с использованием разработанных оригинальных алгоритмов и модели, позволяющих выстраивать комплексы научно обоснованных мероприятий по повышению эффективности оказания медицинской помощи населению. Она имеет большую ценность для управленческих и научных целей в Российской Федерации и может быть применена:

- для планирования стратегии развития системы оказания медицинской помощи в целом и отдельных служб;
- определения приоритетов медицинских научных исследований по различным направлениям;

- определения потенциала рынка лекарственных средств и перспективы разработки новых медикаментов.

Соответственно, потенциальными пользователями системы комплексной оценки состояния и выявления факторов формирования здоровья населения и поддержки принятия управленческих решений являются:

1. Органы исполнительной власти регионов России. Система позволит разрабатывать мероприятия по повышению эффективности функционирования системы оказания медицинской помощи населению.

2. Научные организации и ВУЗы в сфере медицины. Система позволит определять приоритеты научных исследований.

3. Фармацевтические компании. Система позволит определять потенциал рынка имеющихся и перспективных лекарственных средств.

Система не имеет аналогов в России. В мире основным аналогом является система GDB Compare (США). К основным преимуществам предлагаемой системы можно отнести:

- 1) возможность проведения анализа структуры смертности и заболеваемости в детальном половозрастном и нозологическом разрезе с учетом региональных дифференциаций Российской Федерации;

- 2) возможность выявления перечня социально-экономических факторов влияющих на состояние здоровья населения с учетом региональных дифференциаций Российской Федерации;

- 3) возможность разработки мероприятий по повышению эффективности функционирования системы оказания медицинской помощи.

В настоящее время в рамках разработки системы комплексной оценки состояния и выявления факторов формирования здоровья населения и поддержки принятия управленческих решений достигнуты следующие результаты:

- 1) разработана модификация методики расчета DALY в соответствии с существующей на сегодняшний день системой статистического учета;

- 2) методика апробирована на примере Томской области;

- 3) разработана модель комплексной оценки здоровья населения и факторов его формирования на основе индекса DALY;

- 4) разработаны алгоритмы расчета потенциальных вариантов действий для снижения потерь здоровья населения;

- 5) разработан прототип программного комплекса оценки состояния и факторов формирования здоровья населения.

В качестве примера применения описанной выше методики рассмотрим исследование, в рамках которого производился анализ взаимосвязи DALY с уровнем расходов на здравоохранение в рамках территориальных программ государственных гарантий оказания гражданам бесплатной медицинской помощи (далее – ТПГГ) в Томской области в 2008–2013 гг.

Расчеты были проведены на основании данных Территориального органа Федеральной службы государственной статистики по Томской области о численности населения и умерших. Данные о каждом умершем за период 2008–2013 гг. включали: пол умершего; дату смерти; место жительства; причину смерти по полной номенклатуре; вид повреждения (краткая номенклатура), а также дату рождения. Данные о финансировании здравоохранения получены из формы федерального статистического наблюдения № 62 «Сведения об оказании и финансировании медицинской помощи».

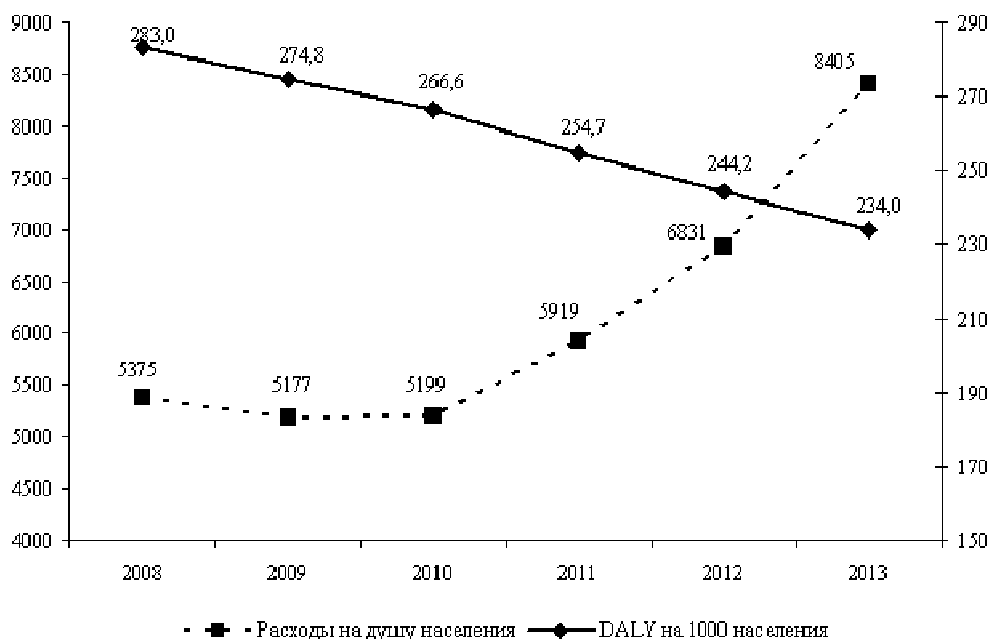
Главной целью системы здравоохранения любой страны является поддержание и укрепления состояния здоровья населения. При этом в условиях рыночной экономики и ограниченности ресурсов, особую актуальность приобретают вопросы эффективности расходования имеющихся денежных средств в том числе в сфере здравоохранения.

В течение 2008–2013 гг. в Томской области произошло снижение абсолютной величины DALY на 43,6 тыс. лет или 14,9 % (с 292,6 тыс. лет в 2008 г. до 249,0 тыс. лет в 2013 г.). Данная тенденция, наряду с увеличением численности населения субъекта Российской Федерации за аналогичный период на 29,3 тыс. чел. или 2,8 % (с 1 034 тыс. чел. по состоянию на 01.01.2008 г. до 1 064 тыс. чел. в 2013 г.), позволяет сделать вывод об улучшении состояния здоровья населения.

В целях сопоставимости проводимых расчетов по уровню финансирования, величина расходов на здравоохранение была приведена к базовому периоду (2008 г.) с учетом официального уровня инфляции (8,8 % в 2009 г., 8,8 % в 2010 г., 6,1 % в 2011 г., 6,6 % в 2012 г. и 4,5 % в 2013 г.). Финансирование системы здравоохранения Томской области за 2008-2013 гг. возросло в номинальном выраже-

нии на 6 952 млн руб. (125 %), в реальном выражении (с учетом уровня инфляции) на 3 382 млн руб. или 60,8 % (с 5 563 млн руб. в 2008 г. до 8 945 млн руб. в 2013 г.).

В целях проведения оценки, учитывающей изменение численности населения был проведен расчет показателя DALY на 1000 населения и расходов на здравоохранение на душу населения (руб.), выполненных в рамках ТПГГ (рис. 1).



$r = -0,83, p < 0,05$

Рисунок 1. Динамика DALY и расходов на здравоохранение на душу населения (руб.) в Томской области в 2008-2013 гг.

Величина DALY на 1000 населения в течение 2008–2013 гг. на территории Томской области снизилась на 49,0 лет или 17,3 %. В этот же временной промежуток расходы на здравоохранение, выполненные в рамках ТПГГ выросли на 3030 руб. на человека или на 56,4 %.

Стабильное снижение величины DALY населением Томской области, сопровождающееся увеличением уровня финансирования системы здравоохранения, позволяет сделать вывод о возможной взаимосвязи данных параметров. При этом, система оказания медицинской помощи (в т. ч. уровень и структура ее финансирования) является лишь одним из факторов, формирующих здоровье населения. Экспертами Всемирной организации здравоохранения выделяются также генетические факторы, состояние окружающей среды и условия и образ жизни человека (включая экономическую, политическую ситуацию в стране и регионе, уровень заработной платы и т. д.), которые в совокупности обеспечивают до 90 % здоровья человека в современных условиях.

Таким образом, несмотря на наличие статистически значимой обратной корреляционной связи между рассматриваемыми показателями, определение величины и причин влияния финансирования системы здравоохранения на DALY и состояние здоровья населения требует детального анализа и будет являться продолжением данного исследования.

### Список литературы

1. Экономические методы управления в здравоохранении / под общей ред. В.В. Уйба. – Новосибирск : ООО «Альфа-Ресурс», 2012. – 314 с.
2. Homedes N. The Disability-Adjusted Life Year (DALY) Definition, Measurement and Potential Use [Электронный ресурс]: Санкт-Петербургский институт общественного здравоохранения. – URL: <http://pubhealth.spb.ru/COPC/DALY.html> (дата обращения: 10.06.2014).
3. Murray CJL, Vos T, Lozano R, Naghavi M, Flaxman AD, et al. (2012) Disability-adjusted life years (DALYs) for 291 diseases and injuries in 21 regions, 1990–2010: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2010. *Lancet* 380: 2197–2223.



# КОНЦЕПЦИЯ МЕДИЦИНСКОГО ПРИБОРА ДЛЯ АНАЛИЗА СОСТАВА КРОВИ

А.Е. Суханов, Д.В. Печкин

siwenter@gmail.com

*Научный руководитель: Горюнов А.Г., д-р техн. наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроника и автоматика физических установок» Томского политехнического университета*

**Цель проекта.** Создание прибора по изучению состава крови и его представления. Экспериментальное опровержение или доказательство гипотезы о возможности электрохимического анализа для определения состава крови сотрудников ФГБНУ «НИИ фармакологии и регенеративной медицины имени Е.Д. Гольдберга».

**Актуальность.** На данный момент не существует компактных, недорогостоящих и удобных в использовании устройств для изучения состава крови в медицинских учреждениях. Наше оборудование позволит проанализировать его в течение короткого срока, не прибегая к лишним затратам.

## **Задачи.**

- Закупка необходимых материалов и их монтаж.
- Доказательство гипотезы.
- Выявление зависимостей, математическое описание и их удобное представление совместно с НИИ фармакологии и регенеративной медицины имени Е.Д. Гольдберга.
- Полная автоматизация процесса.

**Концепция.** Сотрудниками ФГБНУ «НИИ фармакологии и регенеративной медицины имени Е.Д. Гольдберга» была выдвинута гипотеза о зависимости электрической проводимости в электролитической ячейке крови от токовых сигналов разной частоты и формы. На основе таких данных существует возможность определения состава крови, выявления патологий у пациентов.

Таким образом, перед нами поставлена задача в конструировании устройства, способного генерировать токовые сигналы различной частоты и формы, анализировать и структурировать полученные данные. При выявлении предполагаемых зависимостей они будут математически описаны и представлены в удобном для чтения формате.

**Реализация.** Прибор основан на микрокомпьютере «Raspberry Pi», который вполне подходит для работы с информацией и управления необходимыми элементами. Управление самим прибором осуществлено при помощи LCD экрана с резистивным покрытием и не будет требовать особых навыков работы. Генератор токовых сигналов собирается на операционных усилителях, которые будут принимать его с микрокомпьютера посредством цифро-аналогового преобразователя. Необходимые для анализа датчики передают информацию на микрокомпьютер аналого-цифровым преобразователем соответственно.

После сборки оборудования будут проведены совместные исследования с НИИ фармакологии и регенеративной медицины имени Е.Д. Гольдберга с предоставленной ячейкой крови. Полученные данные сверяются с истинными значениями. В ходе работы устройство подвергнется дальнейшей доработке и калибровке. В случае правильности выдвинутой гипотезы зависимости будут составлены графики и их описание, на основе которого программная часть переформирует его в нужный вид.

**Вывод.** Если гипотеза верна, мы получим достаточно компактное и легкое в использовании устройство, которое позволит оперативно проанализировать состав крови человека для определения количества электролитов, не прибегая к лишним затратам. Благодаря этому имеется возможность выявления патологий и наблюдения за ними. Также имеет место серийное производство оборудования для его широкого применения в медицинских учреждениях.

## **Список литературы**

1. Токхейм Р. Основы цифровой электроники / Р. Токхейм. – Москва : Изд-во «Мир», 1988.
2. Русскоязычное сообщество пользователей raspberrypi [Элект. ресурс]. – URL: <http://raspberrypi.ru>
3. Медицинский справочник, «Электролиты крови» [Элект. ресурс]. – URL: <http://meddirectory.ru/ehlektrolity-krovi>

# ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ РАЗРАБОТКИ ЭКСПЕРТНЫХ СИСТЕМ В МЕДИЦИНЕ

А.Э. Верхотурова

verkhoturovaa@gmail.com

*Научный руководитель: Чудинов И.Л., к.т.н., доцент каф. ОСУ ИК  
Томский политехнический университет*

## Введение

Сердечно-сосудистые заболевания (ССЗ) являются одной из самых распространённых причин смертности в мире – около 30 % случаев. По данным Всемирной организации здоровья ежегодно в мире госпитализируются более 4 миллионов больных с нестабильной стенокардией (НС) или острым инфарктом миокарда (ОИМ). В среднем около трети случаев ОИМ заканчиваются смертью до госпитализации, в основном в течение первого часа после появления симптомов. [1] Своевременная диагностика и определение предрасположенности к ОИМ является приоритетной задачей врача при наблюдении пациентов с ССЗ.

## Описание системы

В 2016 г. в рамках инновационного кластера «Фармацевтика, медицинская техника и информационные технологии Томской области» вводится в действие информационная система мониторинга состояния больных, перенесших ОИМ или приступ стенокардии. Данная система предусматривает оперативный учет основных показателей состояния больных с ССЗ: биологические показатели (артериальное давление и пульс), данные электрокардиограмм (ЭКГ), результаты лабораторных исследований и функциональной диагностики. Предусматривается возможность оперативного учета состояния текущих симптомов, и основных маркеров АД и ЭКГ, путём самостоятельного ведения пациентом записей о своем здоровье с использованием сети интернет (доступом с компьютера либо смартфона), персональных тонометров и кардиографов. Доступ к этой информации создает для врача возможность удаленного наблюдения большого количества пациентов и обеспечение своевременного общения. Например, на основе этой информации врач может принимать более информированное решение о сохранении или изменении схемы лечения или о необходимости обращения больного на очный прием к врачу.

Естественным развитием информационной системы по мониторингу здоровья является разработка экспертной системы поддержки принятия решений, базирующейся на базе знаний и данных мониторинга.

Экспертную систему в данном случае можно рассматривать как модель формирования заключения о диагнозе с использованием процедур логического вывода и принятия решений, основываясь на базе знаний как совокупности фактов и правилах логического вывода (правилах продукции) [2].

Продукционные модели являются одним из распространённых видов представления знаний. При использовании данного типа экспертной системы в памяти (базе знаний) хранится определенный набор логических рекомендаций в формате «если-то». Для интерпретации правил, основываясь на начальных посылах, используется программа – модуль логического вывода.

Среди преимуществ использования данного подхода при формировании экспертной системы называются естественность процесса заключения (вывод заключения в таких системах подобен рассуждению эксперта) и простота создания и пополнения продукционных правил и понимания механизма логического вывода. Основным недостатком является возникновение противоречий между продукциями при накоплении их большого количества. [3] Схема системы, основанной на продукционной модели, представлена на рис. 1.

В качестве источника экспертных знаний по постановке диагноза необходимо применить национальные рекомендации по постановке диагноза и лечению пациентов с различными ССЗ, разработанные Российским кардиологическим обществом. [4]

Дополнительным источником данных для экспертной системы выступают ретроспективные сведения о пациентах из базы данных РОИМ [5], в которой хранятся различные медицинские показатели, для пациентов, обращавшихся за медицинской помощью с острым коронарным синдромом в г. Томск.

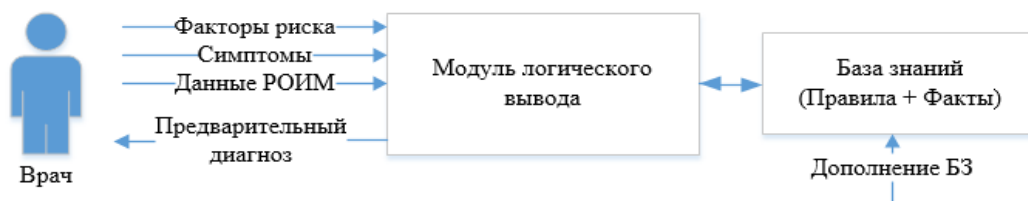


Рисунок. 1 Схема работы экспертной системы

Важной особенностью является то, что больные с ССЗ имеют, как правило, сопутствующие заболевания с похожими симптомами, следовательно, в базе знаний системы необходимо заложить классификацию факторов риска, симптомов, сопутствующих заболеваний.

### Существующие подходы к разработке ЭС

За историю развития направления экспертных систем было выработано несколько подходов и множество соответствующих им инструментальных средств для разработки программного обеспечения. По назначению и функциональным возможностям инструментальные средства, применяемые при проектировании экспертных систем, можно разделить на несколько категорий.

Командные интерпретаторы или оболочки экспертных систем создаются как правило на основе успешной экспертной системы, для данного типа ИС характерно использование готовых механизмов вывода, необходимо лишь предоставить базу знаний. Классическим примером такого средства является система EMYCIN, построенная на системе для диагностирования медицинских заболеваний MYCIN [3].

В данной системе сохранен интерпретатор базовые структуры данных и связанных с ними механизм индексации. Разработка командного интерпретатора EMYCIN продемонстрировала возможность повторного использования таких модуля логического вывода и пользовательского интерфейса.

Среда программирования, поддерживающая несколько парадигм – сочетание языка и связанных с ним вспомогательных программ (или утилит), позволяющих упростить разработку и комбинировать в процессе разработки экспертной системы разные методы обработки знаний. Среди первых проектов такого рода была исследовательская программа LOOP, которая допускала использование двух типов представления знаний: базирующегося на системе правил и объектно-ориентированного. [2] Общим недостатком систем такого типа является недостаточная гибкость при выборе методов, т. к. оболочка имеет встроенный режим управления и методы обработки неопределенности, которые не могут быть затем изменены в процессе построения на ее основе конкретной экспертной системы.

Языки программирования высокого уровня (ЯВУ) – данные инструментальные средства являются средством быстрого создания прототипа экспертной системы, позволяют обеспечить гибкость процесса разработки. Однако пользовательский интерфейс такой среды уступает интерфейсу оболочек по дружелюбности. Данные средства разработки экспертных систем можно разделить на 3 класса. Описание классов представлено в таблице 1.

Таблица 1. Типы языков высокого уровня для программирования экспертных систем

Тип ЯВУ	Примеры	Применимость	Недостатки
Языки разработки порождающих правил	CLIPS	Хорошо согласуется с представлением знаний в форме логического вывода (Если-то)	Сложность организации эффективного процесса обработки правил
Объектно-ориентированные языки	LOOPS	Подходит для описания сложных объектов и отношений между ними	Сложность представления программного объекта по отношению к предметной области
Языки логического программирования	PROLOG, LISP	Эмулирование простого логического вывода	Сложность создания механизма обработки противоречий

Преодоление недостатков отдельных языков возможно за счёт объединения их с другими парадигмами. Например, добавление объектно-ориентированного расширения Cool в средство CLIPS [6].

#### **Заключение**

Количество больных с ССЗ приходящееся на одного врача кардиолога не позволяет вести непрерывное наблюдение всех пациентов. Реализация экспертной системы позволит не только эффективно использовать накопленные в РОИМ данные для получения более точных прогнозов, но также позволит улучшить качество оказываемой медицинской помощи за счёт проведения постоянного мониторинга с широким охватом, также пациенты смогут воспользоваться данными преимуществами самостоятельно.

При решении задачи создания экспертной системы более эффективным является использование специализированных инструментальных средств, поскольку нет необходимости заново программировать процедуры вывода, применяя инструментальные средства общего назначения. На сегодняшний день существует множество средств для разработки экспертных систем. Одной из наиболее широко используемых инструментальных сред для разработки экспертных систем является средство CLIPS.

#### **Список литературы**

1. Сердечно-сосудистые заболевания. Информационный бюллетень №317.2015 г.ВОЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs317/ru>.
2. Джарратано Д. Экспертные системы: принципы разработки и программирование / Д. Джарратано, Гари Райли ; пер. с англ. – Москва : Вильямс, 2006. – 1152 с.
3. Джексон П. Введение в экспертные системы / Introduction to Expert Systems. – Москва : Вильямс, 2001. – 624 с.
4. Национальные рекомендации Российского кардиологического общества [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.scardio.ru/rekomendacii/rekomendacii\\_rko](http://www.scardio.ru/rekomendacii/rekomendacii_rko).
5. Гарганеева А.А. Программа ВОЗ «Регистр острого инфаркта миокарда» – возможности и перспективы в изучении и прогнозировании исходов социально значимых патологий на популяционном уровне / А.А. Гарганеева, С.А. Округин, К.Н. Борель // Сибирский медицинский журнал, 2015. – Том 30. – № 2. – С. 125–130.
6. Частиков А.П. Разработка экспертных систем. Среда CLIPS / А.П. Частиков, Т.А. Гаврилова, Д.Л. Белов. – Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2003. – 608 с.

# ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДИФИКАЦИЯ И ПРАКТИЧЕСКОЕ ПРИМЕНЕНИЕ НИЗКОЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЯДЕРНОЙ УСТАНОВКИ РОССИ

Н.Н. Баах

WindyMind182@gmail.com

**Аннотация:** авторами была поставлена цель – исследовать установку России, найти общее теоретическое объяснение процессу, а также найти практическое применение данной технологии. В марте 2014 года была проведена независимая комиссия, описавшая процесс наблюдения за установкой, стабильно находившейся в рабочем состоянии 32 дня [1]. До этого проводилась подобная экспериментальная проверка, которая также была учтена в ходе работы. [2]. Подробный, научный принцип работы устройства остается неизвестным. Была доказана возможность данной реакции и выдвинуты основные предположения о методе работы. Найден наиболее рентабельное использование технологии на данном этапе исследований. Рассчитана стоимость реализации, прибыль. Был проведен сравнительный анализ конкурентов, на основе которого был сделан вывод о рентабельности данного проекта.

## Актуальность

На данный момент во всём мире одной из главных является проблема совершенствования источников питания, с целью повышения их энергоёмкости. Одним из главных критериев при разработке новых источников является степень сложности утилизации отработанного топлива и последующей его переработки (от атомной промышленности до обычных батареек). Одной из наиболее перспективных технологий в данный момент является низкоэнергетическая трансмутация элементов (далее LENR), так как выделение энергии на грамм веществ превосходит любые химические источники [1]. Состав отработанного топлива представляет собой смесь из металлов (никеля, лития и алюминия), которая полностью безопасна для окружающей среды.

## Обзор существующих источников энергии

Александр Пархомов на основе отчета повторил эксперимент с низкоэнергетическим ядерным реактором России и на семинаре Всероссийского Научно-Исследовательского Института по эксплуатации атомных электростанций представил результаты этих экспериментов. Пархомов не стал засекречивать технологию и обнародовал состав смеси и устройство установки. По его утверждению данная копия реактора России смогла выработать в 2,5 раза больше энергии, чем потребила [3].

14 марта 2012 года Андреа Росси был спроектирован и запатентован нагреватель жидкости бойлерного типа, основанный на той же технологии. Даты серийного производства не были оглашены [4]. Роберт Годес, из компании Brillion Energy Corporation в Беркли, Калифорния, говорит, что понимание того, как «холодный синтез» работает, дает им сильное преимущество, чтобы двигаться впереди других игроков на рынке ядерной энергетики. Американская компания развивает технологии LENR аналогично аппаратам E-Cat России. Она официально заявила, что разработала промышленный нагреватель на базе LENR [5].

В России на практике технологии LENR не применяются на практике и на данный момент исследуются лишь в МГУ.

## Вклад в работу

В ходе реакции происходит передача нейтрона от лития к никелю. В результате дефекта масс выделяется значительное количество энергии, её величина была рассчитана по формуле:

$$E_{\text{выд}} = (M_{\text{Ni}}^X + M_{\text{Li}}^Y) - (M_{\text{Ni}}^{X+1} + M_{\text{Li}}^{Y-1}).$$

В результате расчетов были получены положительные значения, находящиеся в диапазоне от  $0,9136 \cdot 10^{-13}$  до  $6,629 \cdot 10^{-13}$ , что доказывает возможность этой реакции. Энергия, выделяемая количеством топлива в 1 грамм, была посчитана через формулу:

$$E_{\text{теор}} = \frac{m}{M} \cdot N_A \cdot E_m = 1,115 \cdot 10^5 \text{ Дж.}$$

Причина передачи нейтрона однозначно не установлена. Из множества вариантов на основе литературного обзора и расчетов были выбраны наиболее релевантные, такие как: 1) К-захват. 2) Разность удельных энергий связи никеля и лития, вырывание нейтрона первым из второго за счет минимальной удельной энергии связи в литии 7 и максимальной в никеле 62 [6].

Для того чтобы установить конкретную причину нужно иметь установку для практических опытов, которая сейчас находится на стадии проектирования. Все компоненты установки легко найти и они имеют небольшую стоимость.

### Технико-экономический анализ

Существует несколько возможных направлений использования предлагаемой технологии, такие как:

- использование установки в качестве нагревательного элемента в отопительных системах, например, в частных домах;
- преобразование тепловой энергии в электрическую при помощи термоэлектрогенераторов;
- использование непосредственно в качестве нагревательного элемента.

На основе технико-экономических расчетов наиболее рентабельным в долгосрочной перспективе (5–10 лет) было признано использование технологии в частных отопительных системах. Расчеты оплаты отопительной системы были произведены по тарифам Томской области за отопление на 2016 год дома коттеджного типа, общей площадью 130 кв<sup>2</sup>. Все расчеты были выполнены на основе СНиП [7]. В результате было решено использовать восемь предлагаемых топливных элементов в течение всего промежутка времени. Необходимо отметить, что в ходе расчетов не учитывалась цена на установку, сборку, а также доставку оборудования. Однако единственным существенным недостатком предлагаемой технологии являются затраты на электроэнергию, которые были учтены при расчетах ежегодных расходов.

Таблица 1. Сравнение стоимости использования различных систем отопления в частных домах

Используемое отопление	Цена установки	Ежегодные расходы	Дополнительные расходы	Период окупаемости установки	Экономия относительно водоснабжения
Отопление городским водоснабжением	0	40170 р.	0	0	0
Отопление угольной печью.	17040 р.	20400 р.	От 8800 за доставку угля	2 года	10970 р.
Отопление предлагаемой системой	24820 р.	27980 р.	0	2 года	12190 р.

Себестоимость представленной системы отопления составляет 20 820 р. без дополнительных расходов. Себестоимость расходных материалов на 1 элемент составляет 387 р., что эквивалентно двум месяцам непрерывной работы. Чистая прибыль составляет 4000р. за систему и 6164 р. за сезон. Стоит отметить, что для отопления дома углем требуется 8–10 тонн. При этом имеют место ряд существенных минусов во время эксплуатации:

- необходимо постоянно загружать топливо в печь;
- приходится часто удалять из печи остатки горения и чистить дымоход от сажи;
- продукты сгорания могут содержать вредные вещества, для которых необходима установка воздушных фильтров и их регулярная замена (не были учтены в ходе расчетов).

### Выводы

На основе выполненных расчетов, литературного анализа и патентной проверки были сделаны следующие выводы:

- Предлагаемая технология уже на данном этапе исследования имеет практическое применение, реализацией которого авторами и было решено заняться.
- Данная технология рентабельна, возможна и имеет огромный потенциал для дальнейшего развития на данном этапе, который нам предстоит реализовать в ходе экспериментов и исследований.
- В ходе технико-экономического анализа были рассмотрены перспективы дальнейшего улучшения предлагаемой технологии и топливных элементов в частности. Основным способом повышения рентабельности установки для производителя является удешевление технологии сборки топливных элементов. Наиболее простым способом, позволяющим увеличить ресурс единичного блока более чем в два раза, является подбор специализированной стали, являющейся более технологичной для поставленной задачи. Таким образом, это позволит повысить конкурентоспособность предлагаемой технологии и увеличить её рентабельность для производителя.

## Список литературы

1. Observation of abundant heat production from a reactor device and of isotopic changes in the fuel E-CAT Rossi [Текст]: отчет о НИР / Giuseppe Levi, Evelyn Foschi, Bo Höistad, Roland Pettersson, Lars Tegnér, Hanno Essén. – 2014. – 53 с.
2. Indication of anomalous heat energy production in a reactor device containing hydrogen loaded nickel powder [Текст]: отчет о НИР / Giuseppe Levi, Evelyn Foschi, Bo Höistad, Roland Pettersson, Lars Tegnér, Hanno Essén. – 2013. – 31 с.
3. Презентация отчета по исследованию аналога высокотемпературного теплогенератора Росси [Электронный ресурс] / А.Г. Пархомов // Livejournal. – 2014. – Режим доступа: <http://filipiev.livejournal.com/13625.html>.
4. Rossi Andrea. Fluid heater // US 9,115,913. 14.03.2014.
5. Sterling D. Allan. LENR-to-Market Weekly [Электронный ресурс] / Sterling D. Allan // Pure Energy Systems News. – 2012. – Режим доступа: [http://pesn.com/2012/04/19/9602076\\_LENRR-to-Market\\_Weekly\\_April-19](http://pesn.com/2012/04/19/9602076_LENRR-to-Market_Weekly_April-19).
6. Fewell M.P. The atomic nuclide with the highest mean binding energy. [Текст] / Fewell M.P. // *American Journal of Physics*. – 1995.
7. Строительные нормы и правила: СНиП 41-01-2003. Отопление, вентиляция и кондиционирование. [Текст] : нормативно-технический материал. – Москва: [б. и.], 2004. – 86 с.

# ОЦЕНКА СУЩЕСТВУЮЩИХ КЛАССИЧЕСКИХ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ МНОГОМЕРНЫХ ЗАДАЧ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИКИ

Ю.Д. Бай, А.В. Шмойлов

tbf@list.ru

*Научный руководитель: Шмойлов А.В., к.т.н., доцент,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Существующие классические методы решения задач можно классифицировать в две группы: точечные и итерационные. Точные (прямые) методы позволяют найти точные значения искомым неизвестных величин с использованием конечного числа операций, однако фактически все вычисления ведутся с аппроксимацией, округлениями, поэтому значения величин, полученных точными методами, с высокой степенью вероятности будут содержать погрешности. К точным методам можно причислить метод Гаусса, различные его модификации, решение линейных уравнений установившегося режима с применением обратной матрицы. Под итерационными (приближенными) подразумевают такие методы, которые позволяют получать решение в рамках заданной точности, даже предполагая, что вычисления ведутся без округлений. Для получения точного решения системы итерационными методами теоретически требуется произвести бесконечный итерационный процесс, однако при решении линейных уравнений установившегося режима эти методы сходятся не всегда.

В случае применения данных методов для задач нахождения ЗРВ многомерной ФЗ даже при простой структуре ее алгоритма прогноз результата становится маловероятным, т. к. необходимо контролировать не только варианты значений системы аргументов, но и многомерную систему преобразований ФЗ. Это обуславливает неконтролируемую рандомизацию выходного результата. Анализ показывает, что рандомизация вызывается не только указанной многомерностью, но она усугубляется также сложностью и нелинейностью каналов преобразований ФЗ. А независимо варьируемые аргументы являются ничем иным как случайными величинами, которые многократно и необозримо увеличивают степень случайности результата ФЗ. С этой точки зрения практическое использование таких результатов ФЗ в детерминированном виде становится бесполезным и бессмысленным, т. к. эти результаты суперслучайны.

В связи с изложенным стоит проблема обеспечения большей эффективности практического применения результата ФЗ. Другими словами, необходимо обеспечить вероятностную детерминированность результата многомерных преобразований ФЗ, которые в глобальных задачах используются многократно на разных этапах и в разных компонентах преобразования, в том числе в виде многомерных ФЗ как преобразование вариантов значений многочисленных аргументов (исходных данных) через многомерную ФЗ в результат для каждого варианта. Так как эффективность точечного преобразования в простейшем детерминированном виде низка, предлагается вместо случайного варианта случайных значений аргументов задавать полные вероятностные характеристики многомерной системы аргументов в виде многомерных законов распределения вероятностей (ЗРВ), выраженных с помощью систем одномерных, совместных и условных с полной номенклатурой требуемых одномерных и многомерных условий функций (ФРВ) или плотностей (ПРВ) вероятностей, которые обрабатываются многомерной ФЗ, и получают результат в виде одномерных ФРВ или ПРВ функциональной зависимости. Однако эту простую последовательность действий можно реализовать только теоретически, исходя из анализа существующих на данный момент методов имеем следующие выявленные недостатки:

- полное аналитическое преобразование практически разработано только для случая одномерной ФЗ, для двумерного случая ФЗ данное преобразование сложно, но возможно при алгебраических выражениях ФЗ, а для трехмерного случая возможно только при некоторых простых выражениях ФЗ. При большей размерности ФЗ аналитическое преобразование практически невозможно, возможно только численное решение;
- численное моделирование требует напряженных усилий в основном из-за сложности формирования пределов интегральных функционалов преобразования и последующего составления эффективной программы; численное решение методами статистического моделирования при многомерных ФЗ требует огромных вычислительных ресурсов.

Таким образом, предлагаемое прямое вероятностное решение многомерных задач существующими на данный момент методами оказывается практически неприемлемым.



Для получения максимально полных данных с минимальной степенью погрешности интересующих нас параметров необходимо рассматривать задачу с вероятностной точки зрения, уделяя особое внимание нахождению их полных вероятностных характеристик. Развитие вероятностных методов решения задач электроэнергетики способствует снижению уровня погрешности в целом и возможности оперировать не детерминированными полученными результатами, а всеми возможными их состояниями, тем самым повышая стабильность работы электроэнергетических систем и оборудования, в частности.

В связи с этим на данный период времени разрабатывается метод селекции границ исходных и выходных данных (СГИД) функциональных зависимостей, применительно к электроэнергетике.

В данном расчетном методе нахождения ЗРВ ФЗ идет рассмотрение интересующего параметра не через параметры режимов, а через параметры узлов, так как каждую электроэнергетическую систему можно представить в виде узловой системы. Так же, в отличие от параметров режимов, параметры узлов обладают меньшим количеством принимаемых значений, а ЗРВ узловой информации, как правило – нормальный и равномерный ЗРВ, параметры которых просто определяются по максимальным и минимальным наблюдаемым значениям. И, в случае узловой системы исходные данные являются независимыми, что избавляет нас от учета взаимосвязей между ними в расчетах. При имеющихся ЗРВ исходных данных (аргументов) логично разработать метод нахождения ЗРВ функциональной зависимости параметров режимов по ЗРВ аргументов, для получения полных вероятностных характеристик.

Суть метода СГИД основывается на интуитивном, но логичном предположении, что если все аргументы ФЗ задать как равновероятные, то результат преобразования ФЗ будет иметь ту же вероятность. Реализация данной процедуры может быть осуществлена через ФРВ и ПРВ каждого аргумента и результата преобразования ФЗ. ФРВ при этом как неубывающая функция случайного объекта гарантирует однозначность всех задаваемых и получаемого данных (значений), а ПРВ при этих данных (значениях) обеспечивает сопоставление каждого из указанных данных (аргументов и ФЗ) в виде равенства вероятностей принятия значений из интервалов, пристыкованных соответственно одной из своих границ (левой) к аргументам и ФЗ неубывающих одномерных ФРВ. Вторыми (правыми) границами при этом соответственно являются также аргументы и ФЗ указанных ФРВ, определяемых, исходя из равенства вероятностей принятия значений каждым данным (исходным данным-аргументом и выходным данным-ФЗ), вычисляемым по ПРВ каждого из этих данных. Границы интервалов аргументов и получаемого результата преобразования ФЗ жестко зафиксированы квантилями порядков, определяемых одинаковыми значениями своих ФРВ и одинаковыми вероятностями принятия значений из этих интервалов. При этом порядок квантилей или ФРВ аргументов и на другой (правой) границе интервалов находится путем прибавления к одинаковым значениям ФРВ на предыдущей (первой) границе интервалов одинаковых вероятностей принятия значения из этих интервалов, а результата преобразования ФЗ – также путем прибавления такой же вероятности.

Однако, в ходе различных проверок данного способа, в целом правильная логика метода селекции границ входных и выходных данных относительно одинаковых вероятностей значений СА и ФЗ и попытки обеспечить это равенство с помощью совместного применения собственных ФРВ и ПРВ каждого СА и ФЗ не устраняет потери ряда фундаментальных потерь алгоритма канонического аналитического преобразования многомерных функционалов по определению ЗРВ многомерных ФЗ, моделирующих интересующие задачи электроэнергетики. Об этом свидетельствуют проверка метода СГИД путем сравнения истинной ФРВ, т.е. найденной по функционалу, и полученной по предлагаемому методу СГИД ФРВ. Одна из причин заметных отличий обусловлена тем, что предписываемые методом СГИД интервалы и промежутки ФЗ могут оказаться как больше, так и меньше интервалов и промежутков ФЗ, определенных через истинную ФРВ и ФРВ функциональной зависимости, полученной по методу СГИД. Это связано с тем, что границы и величина интервала ФЗ по методу СГИД найдены только исходя из равновероятных значений СА. Тогда как интервал, соответствующий истинной ФРВ функциональной зависимости по функционалу, содержит не только равновероятные значения СА, но и всякие другие варианты значений СА, промежутки, интервалы и диапазоны ФЗ от которых отличаются от промежутков, интервалов и диапазонов ФЗ при равновероятных значениях СА. Поэтому вероятности, соответствующие этому дефекту СГИД, будут в реальности учтены в других промежутках, интервалах и диапазонах ФЗ и наоборот вероятности последних могут входить в промежутки, интервал и диапазон равновероятных СА. Все это приведет к искажению ФРВ и ПРВ функциональной зависимости по методу СГИД относительно истинных ФРВ или ПРВ. Другими словами, отличия ФРВ или ПРВ функциональной зависимости найденных по методу СГИД от истинных более обобщенно можно объяснить, с одной стороны, независимым от ЗРВ определени-

ем границ промежутков, интервалов и диапазонов ФЗ, а, с другой стороны, неконтролируемой зависимостью этих границ от вида и параметров искомого ЗРВ функциональной зависимости. Возможно, есть также иные механизмы интересующих функционалов, игнорируемые предлагаемым методом СГИД.

Анализ и расчеты ФРВ маломерных аддитивных и мультипликативных ФЗ от СА показывает вполне определенную тенденцию отличий ФРВ по методу СГИД от истинных. Многомерные ФЗ основных энергетических задач являются либо слабо нелинейными (параметры рабочих режимов) или практически линейными (электрические величины при повреждениях) аддитивными ФЗ. Эти особенности проявляются в отличительной тенденции ФРВ аддитивных ФЗ по методу СГИД, что можно использовать для коррекции ФРВ параметров режимов и электрических величин при повреждениях. В какой количественной мере осуществлять данную коррекцию можно выяснить на основании расчетных исследований получения ФРВ по методу СГИД и методу СМСИ на маломерных ФЗ, для которых возможно аналитическое или по методу СМСИ определение интересующих функционалов.

### **Список литературы**

1. Бай Ю.Д. Сборник докладов XX международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых «Современные техника и технологии», Томск, Россия, 2014. – С. 387.
2. Бай Ю.Д. Материалы докладов двадцатой всероссийской научно-технической конференции «Энергетика: эффективность, надежность, безопасность» в двух томах, том 1, Томск, Россия, 2014. – С. 40.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ БАЛАНСИРОВКИ РОТОРОВ ТУРБОМАШИН

В.С. Блинов

vladislawblinoff@yandex.ru

*Научный руководитель: Вивденко Ю.Н., д-р техн. наук, профессор,  
Омский государственный университет путей сообщения.*

При изготовлении и ремонте машин с вращающимися деталями и узлами предусмотрена балансировка этих частей.

Балансировка решает такие задачи как: устранение неуравновешенности масс вращающихся деталей и исключение превышения уровня их вибраций относительно нормативных значений, установленных заводом-изготовителем.

Задачи обеспечения работоспособности турбомашин с учетом критического воздействия сил и формирования вибраций решают с учетом такого воздействия как на ротор в целом, так и отдельно: на вал, диски и лопатки [1,2]. Если частота возбуждающих колебаний совпадает с частотой собственных колебаний детали (узла), то возникающее явление резонанса способствует разрушению деталей. Такой уровень возбуждающих колебаний называется критическим.

Современное производство турбомашин требует балансировки в соответствии ГОСТ 20076-2007 (ISO 2953:1999). Настоящий стандарт устанавливает требования к представлению характеристик балансировочного станка изготовителем и методы проверки заявленных характеристик, требования к контрольным роторам и контрольным грузам [3].

Контрольные роторы могут быть трех типов: А, В и С.

Тип А: Роторы без цапф, уравниваемые на вертикальных балансировочных станках.

Тип В: межопорные роторы с цапфами, уравниваемые на горизонтальных балансировочных станках.

Тип С: консольные роторы с цапфами, уравниваемые на горизонтальных балансировочных станках.

Также настоящий стандарт регламентирует проведение испытаний, требование к контрольным грузам и методы проверки минимально достижимого остаточного дисбаланса.

В общем случае частота вынужденных колебаний лопаток, дисков и валов пропорциональна частоте вращения ротора [4].

Многие решения по снижению вибраций узлов турбин и компрессоров получают путем динамической балансировки роторов [5].

По известным данным, один из наиболее эффективных методов является метод разработанный немецкой компанией «SCHENCK». Балансируемый ротор устанавливается на установку и разгоняется электродвигателем до заданной частоты вращения. Вибрационные колебания снимаются датчиками в местах закрепления ротора в подшипниках. В результате испытаний мы получаем диаграмму, на которой указаны точки дисбаланса.

Схема установки для регистрации уровня вибраций представлена на рис. 1.

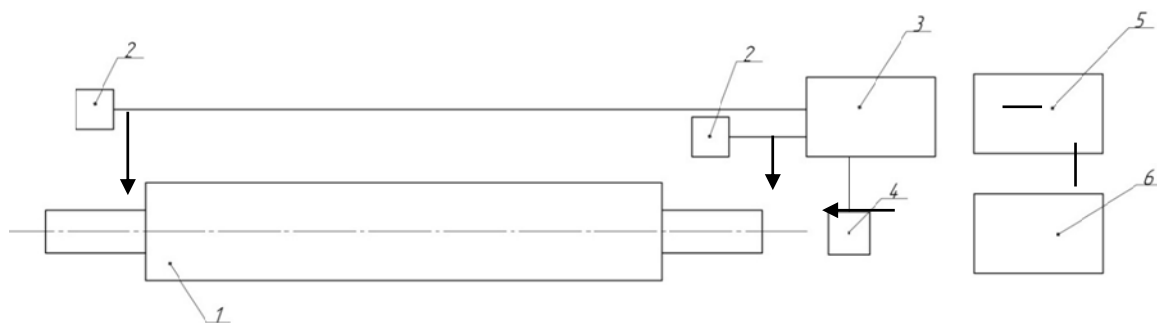


Рисунок 1. Схема регистрации уровня вибраций и балансировки ротора:  
1 – ротор; 2-индукционные датчики; 3 – преобразователь сигнала; 4 – привод балансировки; 5 – регистратор сигнала; 6 – блок управления балансировкой

Однако такое решение не всегда обеспечивает заданный минимальный уровень вибрации лопаток, разрушение которых приводит к тяжелым последствиям.

Параметры колебаний лопаток могут быть установлены на основе уравнения частоты собственных колебаний лопатки:

$$f = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{g}{\delta_{ст}}} = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{140 EJ}{11 ql^4}}. \quad (1)$$

Путем преобразований и допущений получаем зависимость, имеющую вид:

$$f \cong \frac{18}{l^2} \sqrt{\frac{EJ}{\rho F}}. \quad (2)$$

Для дисков круговая частота собственных колебаний представлена зависимостью:

$$p = z\omega. \quad (3)$$

Колебания вала представлены классической синусоидой, поэтому частота колебаний будет выражена зависимостью:

$$\nu = \frac{1}{T}, \quad (4)$$

В формулах (1, 2, 3, 4) приняты обозначения:

$g$  – средняя характеристика рабочего напряжения;  $\delta_{ст}$  – значение статического прогиба;  $F$  – площадь поперечного сечения ротора;  $q$  – масса единицы длины лопатки;  $l$  – длина лопатки;  $\rho$  – плотность материала лопатки;  $J$  – момент инерции поперечного сечения;  $E$  – модуль упругости сплава;  $z$  – число узловых диаметров;  $\omega$  – угловая скорость бегущей волны;  $T$  – период колебания ротора.

Закономерность формирования колебаний валов представлены на рис. 2



Рисунок 2. Графическое представление параметров колебания валов

На основе известных методик балансировки [6] разработана методика балансировки, учитывающий возбуждения колебаний лопаток и дисков. Укрупненный алгоритм этой методики представлен на рис. 3. Методика состоит из четырех этапов:

На этапе 1, проводимом в опытных условиях, выполняют динамическую балансировку по критерию допустимых колебаний опорных подшипников ротора с регистрацией диапазона амплитуд, частоты и других характеристик вибраций, которые возможны за время эксплуатации турбины.

Этап 2 соответствует регистрации характеристик вибрации лопаток в диапазонах вибраций ротора (по этапу 1). При этом вибрации ротора воспринимаются как возбудители колебаний лопаток.

На этапе 3 предусмотрено регулирование уровня вибраций лопаток за счет изменения характеристик вибраций ротора путем его дополнительной балансировки.

После получения положительного результата на этапе 4 заданные параметры вибраций балансировки ротора, соответствующее допустимым параметрам колебаний лопаток и дисков, передают для условий производственного применения.

Изложенные предложения по совершенствованию балансировки и повышению работоспособности турбин и компрессоров могут быть использованы и для других агрегатов: вентиляционных систем, тяго-дутьевого оборудования, угредробильных и других установок.

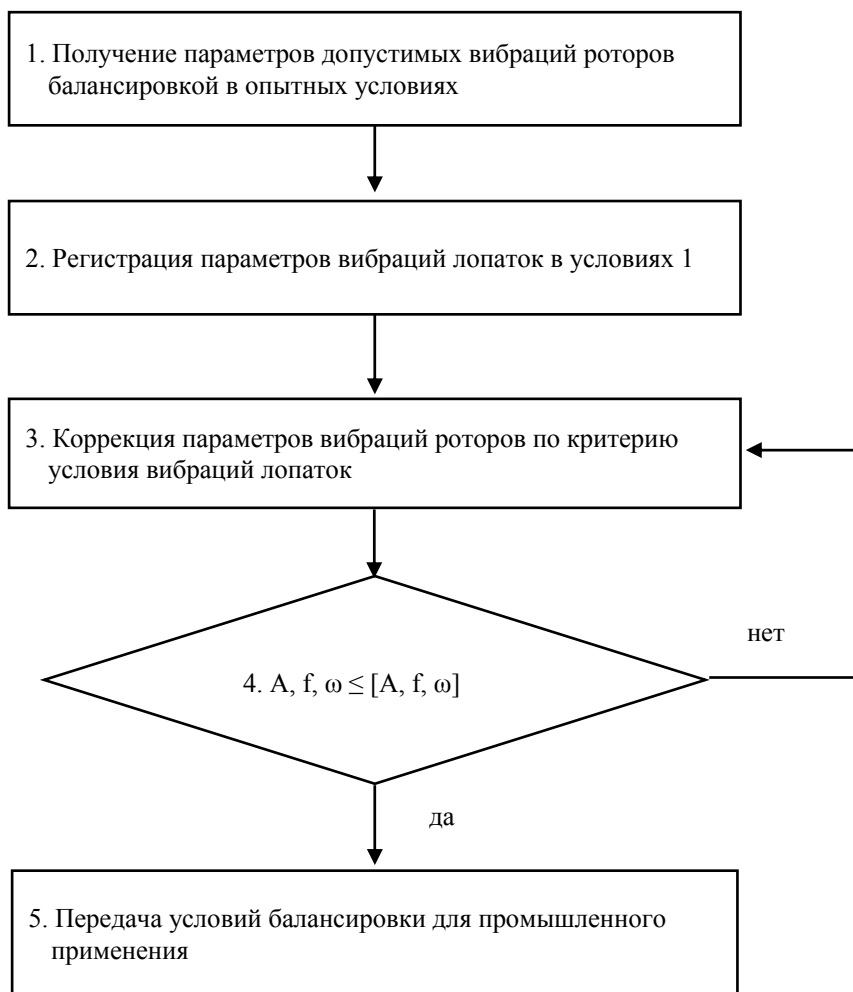


Рисунок 3. Укрупненный алгоритм назначения условий балансирующей ротора газовой турбины с учетом непревышения параметров колебаний лопаток

### Список литературы

1. Манушин Э.А. Теория и проектировка газотурбинных и комбинированных установок / Э.А. Манушин, В.Е. Михальцев – Москва : Изд-во Машиностроение, 1987 – 447 с.
2. Елисеев Ю.С. Испытание, обеспечение надежности и ремонт авиационных двигателей и энергетических установок / Ю.С. Елисеев, В.В. Крымов. – Москва : Изд-во МАИ, 2005 – 537 с.
3. ГОСТ-20076-2007.
4. Вивденко Ю.Н. Технология ремонта машин: Лабораторный практикум / Ю.Н. Вивденко, Г.А. Нестеренко, С.А. Резин. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2005 – 200 с.
5. Вивденко Ю.Н. Автоматизированная доводка прецизионных деталей / Ю.Н. Вивденко, Г.И. Кравченко. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2002. – 100 с.
6. Вивденко Ю.Н. Управление ресурсом трибосистем // Материалы науч.-техн. Конф. Военная техника, вооружение и технологии двойного применения в XXI веке / Ю.Н. Вивденко, Н.Г. Макаренко, С.А. Резин. – Омск, 2003. – С. 106–108.

# АНАЛИЗ УСЛОВИЙ И ЭФФЕКТИВНОСТИ ПЕРЕВОДА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА НЕЗАВИСИМОЕ ПОДКЛЮЧЕНИЕ ИСТОЧНИКОВ И ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

У.А. Болотбекова

uulbu-91@mail.ru

*Научный руководитель: Беспалов В.И., к.т.н., доцент, Томский политехнический университет*

Проблемы эксплуатации существующих систем теплоснабжения городов и промышленных предприятий требуют решения вопросов повышения их надежности, энергетической и экономической эффективности. Это имеет и большое социальное значение.

Цель работы: анализ системы теплоснабжения котельной «Курулуш»

В ходе исследования были решены следующие задачи:

- проведен гидравлический и тепловой расчет;
- проведен анализ системы теплоснабжения с фактическими диаметрами;
- проведен конструкторский расчет схемы для получения расчетных диаметров трубопровода;
- проведен расчет схемы для получения оптимальных диаметров трубопроводов.

Объектом исследования является тепловая сеть от котельной «Курулуш», которая находится в Республике Кыргызстан Чуйская область село Сокулук.

Котельная «Курулуш» была построена 1987 году в с. Сокулук Чуйского района. Первый запуск был осуществлен в 1988 году. Котельная обеспечивает 19 потребителей общей нагрузкой 2333,4448 Гкал/год. Из них 11 многоэтажных домов, 6 жилых домов, 1 детский сад и 1 административное здание.

Источником тепловой нагрузки является котельная «Курулуш». Протяженность тепловой сети 1492 м. Котельная снабжает потребителей только для нужд отопления, горячее водоснабжение отсутствует. Конфигурация тепловой сети радиальная. Температурный график теплосети 95/70[2]. Система теплоснабжения двухтрубная, закрытая, прокладка трубопроводов подземная.

Для проведения анализа и гидравлического расчета тепловой сети был использован программно-расчетный комплекс «Тепло».

В результате гидравлического расчета тепловой сети определены диаметры всех участков теплопроводов, оборудования и запорно-регулирующей арматуры, а также потери давления теплоносителя на всех элементах сети. По полученным значениям потерь давления рассчитаны напоры системы. Диаметры труб и потери давления на трение (линейные потери) определены по формуле Вейсбаха–Дарси [1].

$$\Delta p_{\lambda} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2}{2} \cdot p,$$

где  $\Delta p_{\lambda}$  – потери давления на трение (линейные), Па;  $\lambda$  – коэффициент трения;  $l$ ,  $d$  – длина и диаметр участка трубопровода, м;  $w$  – скорость потока, м/с;  $p$  – плотность теплоносителя, кг/м<sup>3</sup>.

Первый расчет был проведен с фактическими диаметрами трубопроводов для выявления проблемных участков в тепловой сети. По результатам гидравлического расчета были выявлены большие потери давления на участке к10-к4, у абонента П8 падение давления составляет 22 м вод. ст. что намного выше норматива в 5 м вод. ст. на вводе в индивидуальный пункт. В связи с этим система требует установки дросселирующих устройств [4].

Во втором случае был проведен конструкторский гидравлический расчет для определения диаметров трубопроводов и потерь давления в тепловой сети при известных расходах и параметрах теплоносителя. По результатам расчета диаметры трубопроводов уменьшились. На данный момент в тепловой сети проложено 15,037 т трубопровода, после уменьшения диаметров труб основной магистрали масса трубопроводов составила 11,021 т, а это в свою очередь на 4,016 т меньше, чем используется на данный момент в тепловой сети «Курулуш». С точки зрения технико-экономического обоснования при уменьшении диаметров мы экономим больше 60 % на затраты на закупку трубопроводов. Также мы видим, что ряд ответвлений имеют малые гидравлические сопротивления, а предполагаемые напоры большие. Поэтому по полученным результатам в конструкторском расчете, уменьшаем диаметры труб на всех ответвлениях. Как видно на (рис. 2) располагаемые напоры у по-

требителей уменьшились. По рекомендуемым диаметрам мы получаем массу трубопроводов тепловой сети 9,387 т, что меньше фактической на 37,7 %.

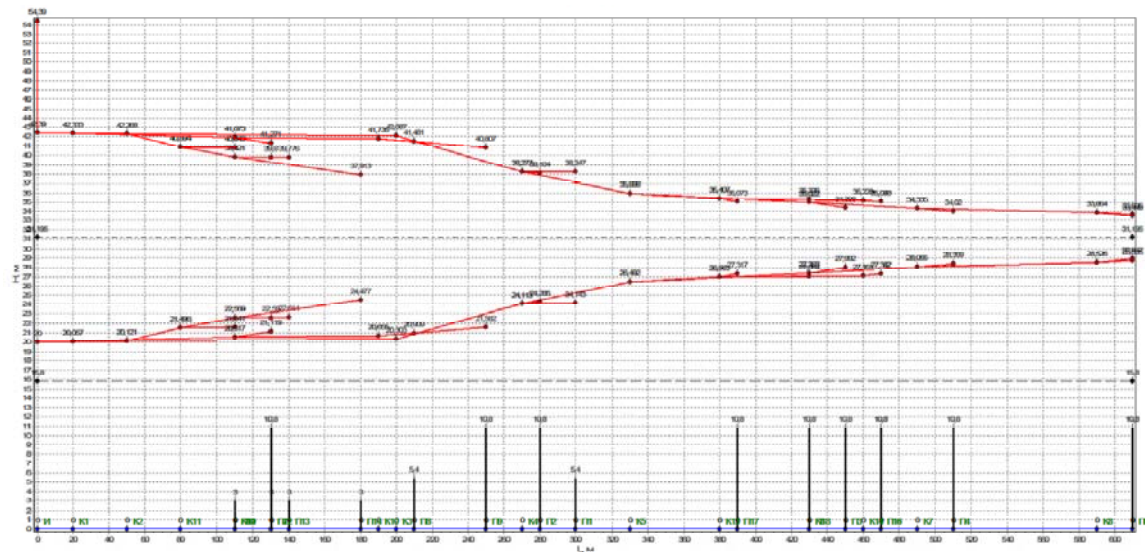


Рисунок 1. Пьезометрический график с фактическими диаметрами трубопроводов

На основании проведенного анализа можно предполагать, что причиной больших перепадов давлений является изначально нерациональное проектирование сети. И для снижения располагаемых напоров рекомендуется уменьшение диаметров трубопроводов на ответвлениях.

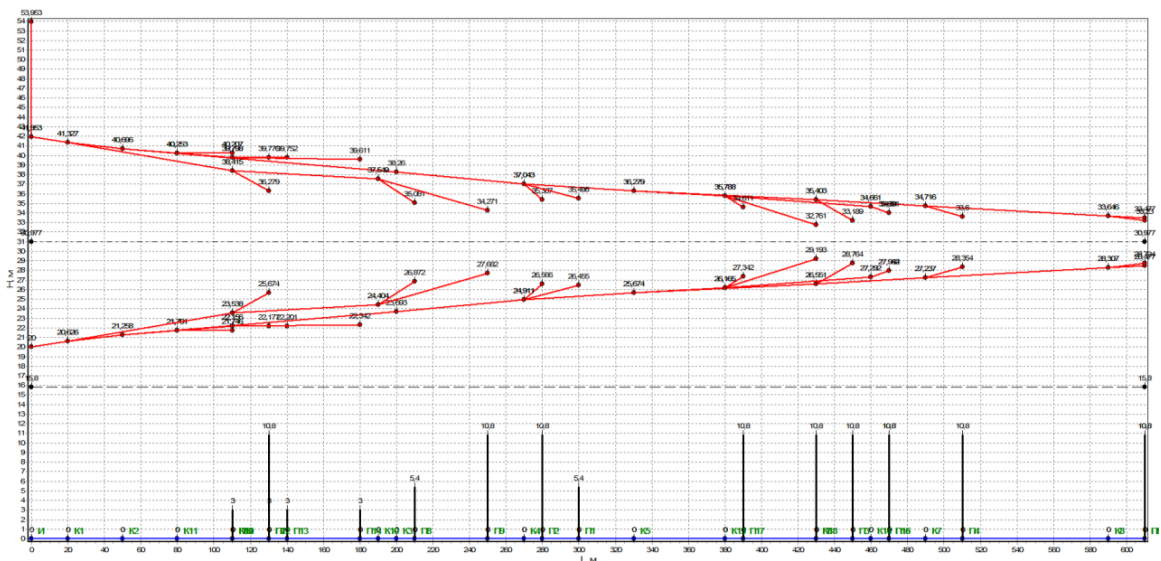


Рисунок 2. Пьезометрический график с рекомендуемыми диаметрами трубопроводов

От принятых диаметров элементов тепловой сети зависят гидравлические потери в них. Чем меньше диаметры, тем больше потери. С уменьшением диаметров снижается стоимость системы, что повышает ее экономическую эффективность. Но с ростом потерь растет и энергия, расходуемая на перекачку теплоносителя. При таких условиях, когда с изменением диаметров одна группа стоимостных показателей уменьшается, а другая увеличивается, всегда существуют оптимальные значения диаметров, при которых суммарная стоимость сети будет минимальной [3].

Для стабилизации гидравлического режима тепловой сети предполагается провести модернизацию тепловой сети путем уменьшения диаметров труб и переводом на независимую схему подключения системы отопления.

### Список литературы

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети: учебник для вузов / Е.Я. Соколов. – 8-е изд., стереот. – Москва : Издательский до МЭИ, 2006. – 472 с.
2. Научно-прикладной справочник по климату СССР: Выпуск № 32. Киргизия. – Ленинград : Гидрометеиздат, 1986.
3. Теплоснабжение : учебник для вузов / Т 35. А.Н. Ионин, Б.М. Хлыбов, В.Н. Братецков, Е.Н. Терлецкая; под ред. А.Н. Ионина. – Москва : Строймиздат, 1982. – 336 с., ил.
4. Наладка и эксплуатация водяных тепловых сетей : справочник / В.И. Манюк, Я.И. Каплинский и др. – Москва : Стройиздат, 1988.



# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БОРИДА ВОЛЬФРАМА ДЛЯ УВЕЛИЧЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНТЕЙНЕРОВ ДЛЯ ТРАНСПОРТИРОВКИ РАО

А.Ю. Бородай, А.А. Гришин, С.С. Гуралёв

ayb1@tpu.ru

Научный руководитель: Беденко С.В., кандидат физ.-мат. наук, доцент каф. ФЭУ, НИ ТПУ

Значительный вклад в общемировой объём энергетики вносит атомная энергия. Развитие атомной энергетики помогает человечеству решить вопрос обеспечения населения дешёвой и экологичной электроэнергией. Побочным продуктом работы атомных станций являются радиоактивные отходы (РАО). Увеличение объёмов атомной энергетики приводит к увеличению объёмов РАО, которые получаются при переработке отработанного ядерного топлива. Кроме того, в мире наблюдается тенденция по ужесточению законодательства в области обращения с ядерными материалами и с РАО в частности. По этим причинам разработки в области модернизации контейнеров для транспортировки и хранения РАО являются важными для развития атомной энергетики.

Добавление внутреннего дополнительного защитного слоя является наиболее оптимальным решением для задачи модернизации контейнеров. Добавление защитного слоя изнутри незначительно меняет технологию создания, в то же время совершенно не требуются изменения технологии обращения и эксплуатации контейнеров для транспортировки и хранения РАО. Итоговое снижение объёма контейнера является единственным минусом данной концепции модернизации.

Борид вольфрама является перспективным материалом для улучшения контейнеров для РАО. Данный материал имеет высокую плотность:  $15,73 \text{ г/см}^3$ , так же высокую температуру плавления: свыше  $2800 \text{ }^\circ\text{C}$ . Вольфрам, как тяжёлый элемент, имеет высокие показатели останавливающей способности для альфа-, бета- и гамма-излучения [1]. Бор является сильным поглотителем нейтронов, который используется в ядерной энергетике более полувека.

Расчёты эффективности добавления борид вольфрама проводились инженерными методами в одномерном приближении. Расчёты проведены относительно самой тонкой поверхности контейнера. В качестве основы использован специальный Контейнер  $V = 0,16 \text{ м}^3$  ООО «Атомпромресурсы», данный типовой контейнер широко распространён. Внутренний слой контейнера выполнен из стали 5 мм, защитный слой из свинца 30 мм, внешний слой из стали 10 мм [2]. Для дальнейших расчётов предполагалось так же добавление внутреннего слоя борид вольфрама толщиной 20 мм.

Для оценки эффективности нового слоя проведены расчёты ослабления потоков бета-, гамма- и нейтронного излучения для базового и модифицированного контейнеров. Другие виды излучения не учтены в силу их меньшей проникающей способности. Расчёты в данной работе проводились для узконаправленных моноэнергетических потоков частиц. Данный подход достаточно точен и не требует сложных расчётов.

Все потоки нормированы на 100 % от входящего потока.  $\Phi_{\text{Баз}}$  – поток частиц после прохождения стенки контейнера без модификации,  $\Phi_{\text{Мод}}$  – поток частиц после прохождения стенки модифицированного контейнера.

На таблице 1 предоставлены данные по прохождению бета-частиц через стенку контейнера.

Таблица 1. Расчёт защиты от бета-излучения

$E_\beta$ , МэВ	0,5	0,6	0,8	1	1,3	1,5	2	3
$\Phi_{\text{Баз}}$	0,2	0,6	2,3	4,4	7,2	9,5	12,6	15,4
$\Phi_{\text{Мод}}$	2,0E-03	0,1	0,2	0,5	1,2	2,0	3,1	4,3
$\Phi_{\text{Баз}}/\Phi_{\text{Мод}}$	76,8	30,9	12,7	8,0	5,8	4,8	4,0	3,6

Как видно из полученных данных, усиление защиты снизило поток самых высокоэнергетических бета-частиц более чем в 3 раза. Для бета-частиц с энергией менее 1 МэВ добавление защиты снижает поток более чем десятикратно.

На таблице 2 предоставлены данные по прохождению гамма-частиц через стенку контейнера.

Усиление защиты снизило поток самых высокоэнергетических гамма-частиц более чем в 7 раз. Для гамма-частиц с энергией менее 1 МэВ добавление защиты снижает поток более чем на 2 порядка.

Таблица 2. Расчёт защиты от гамма-излучения

$E_{\gamma}$ , МэВ	0,50	1,00	1,25	1,50	2,00	10,00
$\Phi_{\text{Баз}}$	0,14	4,36	7,18	9,49	12,58	12,69
$\Phi_{\text{Мод}}$	1,5E-04	0,09	0,24	0,44	0,86	1,64
$\Phi_{\text{Баз}}/\Phi_{\text{Мод}}$	965,30	51,16	30,30	21,76	14,69	7,73

Расчёты ослабления потоков бета- и гамма-частиц проводились с помощью линейных коэффициентов ослабления потоков частиц при прохождении слоя вещества. Для расчётов ослабления потоков нейтронов были использованы более сложные методы расчётов. Усложнение расчётов связано со сложной структурой взаимодействия бора с нейтронами. Бор, являясь лёгким элементом, проявляет хорошие замедляющие свойства. В то же время бор является очень сильным поглотителем нейтронов, однако данное свойство значительно проявляется лишь для тепловых нейтронов. По этой причине в расчётах учтено одновременно и замедление нейтронов, и разница взаимодействия замедлившихся и не замедлившихся нейтронов.

На таблице 3 предоставлены данные по прохождению потока нейтронов через стенку контейнера.

Таблица 3. Расчёт защиты от нейтронного излучения

$E_n$ , МэВ	тепловые n	0,1–0,2 МэВ	0,2–0,4 МэВ	0,4–0,8 МэВ	0,8–1,4 МэВ	1,4–2,5 МэВ	6,5–10,5 МэВ
$\Phi_{\text{Баз}}$	66,32	96,43	91,89	92,06	93,70	93,68	93,34
$\Phi_{\text{Мод}}$	9,1E-78	67,11	62,75	64,69	65,90	66,49	68,03
$\Phi_{\text{Баз}}/\Phi_{\text{Мод}}$	7,3E+78	1,44	1,46	1,42	1,42	1,41	1,37

Дополнительный слой защиты значительно ослабил поток нейтронов. Нейтроны тепловой энергии полностью поглощаются в дополнительном слое защиты.

Полученные данные показывают, что добавление дополнительного защитного слоя внесло весомый вклад в усиление защиты контейнера. Чем ниже энергия проникающих частиц, тем эффективнее показывает себя дополнительная защита. Расчёты проведены в широком спектре для получения максимально полной информативности. Исследование показало, что использование боридов вольфрама в качестве дополнительного защитного слоя в контейнерах для транспортировки и хранения РАО заметно снижает потоки радиоактивного излучения. Это повышает общую защищённость контейнера и позволяет хранить более высокоактивное РАО. Эффективность дополнительной защиты значительно зависит от энергии и типа излучения. С возрастанием энергии частиц эффективность дополнительной защиты значительно снижается.

### Список литературы

1. Физическое материаловедение : учебник для вузов. В 6 т. Том 6. Часть 1. Конструкционные материалы ядерной техники / Б.А. Калинин, Ю.А. Годин, Ф.В. Тенишев, В.В. Новиков ; под общей ред. Б.А. Калинина. – Москва : МИФИ, 2008. – С. 103–114.
2. Контейнеры для радиоактивных отходов от низкого до высокого уровней активности / А.С. Баринин, А.С. Волков, С.М. Лещёнов, В.Т. Сорокин. – Москва : Логос, 2012. – С. 22–25.
3. Герасимов В.В. Материалы ядерной энергетики / В.В. Герасимов, В.С. Монахов. – Москва : Атом-издат, 1976. – 260 с.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОБРАБОТКИ РЕЗУЛЬТАТОВ ТЕХНИЧЕСКОЙ ДИАГНОСТИКИ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ И ВЫБОРА ОПТИМАЛЬНОГО МЕТОДА ПРОВЕДЕНИЯ НОВЫХ МЕРОПРИЯТИЙ

С.В. Чичерин

man\_csv@hotmail.com

*Научный руководитель: Лебедев В. М., д. т. н., профессор,  
Омский государственный университет путей сообщения, кафедра «Теплоэнергетика»*

Для снижения аварийности и необоснованных тепловых потерь достаточно заменить не весь участок тепловых сетей, а только его самую изношенную часть, в связи с чем возрастает роль выполнения работ по определению технического состояния трубопроводов теплосети.

При этом ответственное проведение этих мероприятий и использование практики не просто периодических осмотров и испытаний, а создание и развитие системы мониторинга, комплексной системы наблюдения, оценки и прогноза состояния тепловых сетей, является одним из важнейших путей повышения надежности систем централизованного теплоснабжения [1]. Целостная система диагностики позволит получать информацию о техническом состоянии трубопроводов тепловой сети и остаточном ресурсе ее интервалов, фактической степени опасности интервалов коррозионных повреждений на трубах.

На сегодняшний момент сложилась практика разового (опытного) применения различных средств диагностики [2, 3], продвигаемых конкретными компаниями с целью увеличения своей прибыли. Вопрос необходимости при этом отходит на второй план. Такой порядок существенно снижает эффективность проведения мероприятий по технической диагностике при эксплуатации трубопроводов тепловых сетей.

Требуется не просто разовое опытное применение отдельных методов и их последующую ручная разрозненная обработка, а системный комплексный подход, в т. ч. к выбору оптимального метода проведения новых мероприятий по технической диагностике на каждом конкретном участке трубопроводов тепловых сетей. Необходимо отметить важность и объединения результатов их обработки в единых автоматизированных системах, созданных на базе геоинформационных систем. Основными отличиями предлагаемой ниже методики должны стать:

- двухэтапный подход, когда первый перечень наиболее аварийно-опасных участков составляется вручную компетентным специалистом, все остальные участки попадают в перечень второго приоритета;
- автоматическое плавное ранжирование участков каждой группы приоритета;
- использование не специфичной информации в качестве исходных данных, а тех величин, которые по-хорошему уже используются при составлении программы планового капитального ремонта, в т. ч. в созданных алгоритмах планирования замены изношенных трубопроводов [4, 5].

Выбор оптимального метода на начальном периоде исследования предполагается осуществлять из следующих:

- гидравлические испытания на плотность и прочность от стационарных насосов источников теплоснабжения и перекачивающих насосных станций гидравлические испытания от передвижных насосных установок;
- визуальный и измерительный контроль при проведении контрольных шурфовок;
- контроль технического состояния трубопроводов тепловых сетей методом акустической томографии;
- тепловизионное обследование. По каждому из применяемых методов составляется отдельная выборка (массив). В качестве их критериев принимаются параметры участков при наличии которых, проведение соответствующего вида испытания опасно или неэффективно.
- На первом этапе для разработки методики обработки результатов технической диагностики тепловых сетей и выбора оптимального метода проведения новых мероприятий были
- выбраны гидравлические испытания на плотность и прочность – основное средство обеспечения надежности магистральных тепловых сетей. Параметрами выборки участков трубопроводов тепловых сетей для гидравлических испытаний стали:
- нежелательность отключения участков из-за категоричности потребителей;

- удаленность от стационарных насосов источников теплоснабжения и перекачивающих насосных станций;
- сведения о частичном или полном затоплении канала при канальной прокладке, значительной влагонасыщенности грунта при бесканальной;
- близость значения фактической или расчетной толщины стенки к критическому;
- наличие сильфонных или сальниковых компенсаторов;
- значение величины эффективного испытательного давления выше предельного значения;
- пересечения с автомобильными дорогами третьей и выше категории, железнодорожными или трамвайными путями, водными препятствиями (независимо от исполнения: дюкеры, по мостам и виадукам и т. д.);
- места возможного массового скопления людей (как правило улицы в центре города, районы вблизи узлов пересадки общественного транспорта, пересечения с площадями и дорогами, закрытыми для движения автотранспорта).

Для пробного испытания данной методики был составлен алгоритм. Практически данный алгоритм был воплощен в программе, реализованной на языке Visual Basic for Applications среды Microsoft Excel. Выбор данной среды был обусловлен возможностью работы с уже существующей базой данных и ее дружелюбностью по отношению к разработчику и пользователю. Для проверки работоспособности программы и алгоритма был выбран объект исследования – тупиковый участок трубопровода от ТЭЦ-2, с ненормативными (согласно [6]) показателями надежности, находящийся за тепловой камерой П-3-13 (рис. 1).



Рисунок 1. Расчетная схема западного луча магистральных тепловых сетей от ТЭЦ-2

Места расположения сильфонных или сальниковых компенсаторов и места известного утонения стенок обозначены жирной точкой и линией соответственно. Совместно со специалистами компании, эксплуатирующей магистральные тепловые сети г. Омска, были уточнены методом экспертной оценки значения весовых коэффициентов, полученные при обработки статистических данных, собранных во время проведения гидравлических испытаний в предыдущие года. Затем был сделан переход к удельным весовым коэффициентам (УВК), т. е. коэффициентам, показывающим связь в пересчете на единицу длины отрезка трубопровода.

Удельный весовой коэффициент умножается на длину участка, один или несколько признаков которого совпали с перечисленными выше. Участки каждой из выборок сортируются по уменьшению этого произведения. В итоге создается обоснованная подборка очередности участков для каждого из методов диагностирования отдельно.

Выполнение расчета после занесения всех исходных данных (в случае их отсутствия) осуществляется нажатием на кнопку Расчет. Таким образом, может быть получен перечень участков в порядке приоритета необходимости проведения гидравлических испытаний или их замены методами неразрушающего контроля.

Результаты данной работы будут проверены опытным путем в ходе проведения ежегодных гидравлических испытаний в летний период 2016 г. Предполагается также уточнить критерии каждой выборки и составить программно реализуемый алгоритм определения весовых коэффициентов и последующего перехода к удельным.

### Список литературы

1. Протокол заседания секции «Теплофикация и теплоснабжение» научно-технического совета ОАО РАО «ЕЭС России» // Внедрение системы мониторинга состояния технологического оборудования тепловых сетей, опыт и перспектива использования. – Москва, 2008. – 11 с.
2. Писчасов С.А. Методы диагностики тепловых сетей / С.А. Писчасов // Новости теплоснабжения. – 2014. – № 5. – С. 38–44.
3. Стренадко И.М. Практический опыт диагностики и оценки состояния трубопроводов тепловых сетей с использованием внутритрубных дефектоскопов / И.М. Стренадко, Д.Е. Чуйко, Е.Н. Цыцеров // Новости теплоснабжения. – 2012. – № 1(137).
4. Планирование замены участков тепловых сетей / С.Н. Кирюхин, Е.В. Сеннова, А.О. Шиманская // Новости теплоснабжения. – 2015. – № 1. – С. 43–45.
5. Анализ аварийности тепловых сетей и планирование замены труб в автоматизированной системе управления эксплуатацией тепловых сетей / Л.В. Чупин, В.И. Шлапаков // Новости теплоснабжения. – 2014. – № 11.
6. Обосновывающие материалы к схеме теплоснабжения города Омска до 2030 года (актуализация на 2016 год). Книга 1. Существующее положение в сфере производства, передачи и потребления тепловой энергии для целей теплоснабжения. – Омск, 2015. – С. 345.

# РАЗРАБОТКА ЗПП И ИССЛЕДОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ ПРИ НАРУШЕНИИ ЭЛЕКТРОСНАБЖЕНИЯ НПС С ВЫСОКОВОЛЬТНЫМИ ЧАСТОТНО-РЕГУЛИРУЕМЫМИ СИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ

И.Р. Нуриманов

ilnur\_nurimanov@mail.ru

*Научный руководитель: Рябишина Л.А., канд. техн. наук, доцент УГНТУ, г. Уфа*

Высоковольтный электропривод широко распространен в магистральном транспорте нефти и нефтепродуктов. Последние направления развития электропривода направлены на изучение, реализацию и внедрение высоковольтных частотно-регулируемых электроприводов (ВЧРП), что позволяет энергетически эффективно транспортировать нефть и нефтепродукты, повысить срок службы оборудования. Однако при применении ВЧРП основное оборудование работает непосредственно от сети, параметры которой влияют на работу ЭД. Нарушение электроснабжения влечет за собой возможность выхода из строя дорогостоящего оборудования, нарушение непрерывности технологического процесса, а также может привести к авариям и возникновению опасности для жизни людей.

Кратковременные нарушения ЭС, которые происходят на время действия систем релейной защиты и автоматики (РЗА), происходят наиболее часто и являются неизбежными [1]. При наличии питания от резервного источника длительные перерывы ЭС редки.

Основной причиной большинства кратковременных нарушений ЭС являются короткие замыкания (КЗ). Полностью исключить КЗ в электрических сетях и системах электроснабжения практически невозможно. Основных причин КЗ три: старение изоляции, природные явления и человеческий (антропогенный) фактор [2]. Для выявления нарушения ЭС используются специальные защиты, которые называют защитами от потери питания (ЗПП).

Защиты от потери питания устанавливаются для предотвращения повреждения электродвигателей при восстановлении их питания после кратковременного исчезновения или понижения напряжения в питающей сети; облегчения условий самозапуска электродвигателей ответственных механизмов; обеспечения условий техники безопасности и технологического процесса [2, 3].

В зависимости от требований по быстродействию и от соотношения числа синхронных и асинхронных электродвигателей, присоединенных к одной секции шин, защиты подразделяются на защиту минимального напряжения и защиту минимального напряжения и минимальной частоты с блокировкой по направлению мощности [3].

На подстанциях промышленных предприятий с синхронными двигателями (СД) ЗПП предотвращает опасное несинхронное включение СД; ускоряет гашение поля, что в свою очередь создает условия для успешной ресинхронизации СД после действия устройств АПВ или АВР; прекращает подпитку синхронными двигателями места повреждения во внешней сети, что особенно важно для близко расположенных упрощенных подстанций (35 – 110) кВ с отделителями и короткозамыкателями на стороне высокого напряжения вместо выключателей.

Все эти задачи решаются в основном путем воздействия на отключение вводного выключателя 6(10) кВ и на включение устройств гашения поля тех СД, которые не допускают несинхронного включения, могут подпитывать место повреждения, длительно поддерживают напряжение при выбеге и тем самым затягивают время срабатывания устройств АВР и АПВ.

Для правильного выбора уставок срабатывания ЗПП должны быть тщательно проанализированы всевозможные режимы, приводящие к кратковременным или длительным снижениям напряжения и к перерывам ЭС всего узла нагрузки, где имеются защищаемые ЭД. В зависимости от режимов работы технологических установок каждый из ЭД может быть подключен к секции шин либо через преобразователь частоты, либо непосредственно. При потере ЭС от внешнего источника СД переходят в генераторный режим, генерируют ЭДС в обмотке статора и создают остаточное напряжение на выводах статорной обмотки. В случае, когда ЭД подключен к секции шин непосредственно, остаточное напряжение будет и на шинах. В тех случаях, когда ЭД частотно-регулируемый, такой двигатель остаточное напряжение на секции шин не создает, так как преобразователь частоты имеет одностороннюю проводимость. Соответственно, в таком режиме, при котором на секции шин не будет напряжения, пусковые реле частоты ЗПП могут отказывать, следовательно, срабатывает реле минимального напряжения, которое имеет ограниченное быстродействие. Это увеличивает время простоя

технологических процессов и может привести к серьезному ущербу оборудования. Таким образом, с целью исключения негативных последствий, необходимо выбирать в данном случае более быстродействующие устройства, соответствующие требованиям для конкретного технологического режима [4, 5].

Учитывать особенности и правильно подобрать устройство ЗПП согласно технологии объекта, смоделировать и исследовать переходные процессы, протекающие при потере электроснабжения, позволяет программная среда MatLab с использованием библиотеки электротехнических блоков Simulink. В данной среде моделирования была выполнена имитация системы электроснабжения НПС, в котором основными потребителями были СД типа STD-800 с нагрузкой на валу со стороны магистральных насосных агрегатов. В системе присутствуют как частотно-регулируемые двигатели, так и нерегулируемые. Сымитирована потеря электроснабжения и срабатывание устройства ЗПП. В результате получены осциллограммы напряжения на секции шин, угловых скоростей, электромагнитных моментов, токов статора электродвигателей.

Анализ результатов моделирования показал, что при нарушении электроснабжения от одного из двух источников питания нерегулируемый двигатель работает в генераторном режиме и в течение некоторого времени поддерживает напряжение на секции шин, от которой получает питание второй двигатель, подключенный через преобразователь частоты. Частотно-регулируемый СД работает в двигательном режиме и сохраняет устойчивость в течение одной секунды, за счет энергии нерегулируемого СД. На двигатель без ПЧ со стороны двигателя с ПЧ действует тормозной момент. При этом выбег нерегулируемого СД существенно ускоряется по сравнению со свободным выбегом.

Результаты моделирования могут быть использованы при проектировании системы бесперебойного электроснабжения нефтеперекачивающих станций.

#### Список литературы

1. О безопасности при нарушении электроснабжения / Проект специального технического регламента. – Версия 5. – 16.08.2006 г.
2. Шабанов В.А. Обеспечение бесперебойной работы потребителей при потере питания : учебное пособие / В.А. Шабанов, В.Ю. Алексеев.– Уфа : РИЦ УГНТУ, 2013. – 164 с.
3. Копьев В.Н. Релейная защита. Принципы выполнения и применения : учебное пособие / В.Н. Копьев. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – С. 96, 138.
4. Шабанов В.А. О законах частотного регулирования синхронных двигателей на нефтеперекачивающих станциях / В.А. Шабанов, О.В. Кабаргина // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело». – 2010. – № 2. – 6 с.
5. Шабанов В.А. Два алгоритма взаимодействия ЗПП и АВР на НПС при потере питания от одного из источников / В.А. Шабанов, В.Ю. Алексеев, Р.З. Юсупов // Электротехнологии, электропривод и электрооборудование предприятий: сб. науч. тр. II Всерос. науч.-техн. конф.: в 2 т. Т. 1. – Уфа : изд-во УГНТУ, 2009. – С. 224 – 230.
6. Шабанов В.А. Влияние высоковольтного частотно-регулируемого привода магистральных насосов на алгоритмы ЗПП и АВР на НПС / В.А. Шабанов, В.Ю. Алексеев, О.В. Кабаргина // Нефтегазовое дело: электрон. науч. журн. – 2011. – № 3. – С. 434–440.

# ПРИМЕНЕНИЕ КУБИЧЕСКОГО КАРБИДА ВОЛЬФРАМА $WC_{1-x}$ , ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ УСКОРИТЕЛЯ ПЛАЗМЫ, В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРА В ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

К.Н. Шатрова

shatrova.xiusha@yandex.ru

*Научный руководитель: Сивков А.А., д.т.н., профессор, Томский политехнический университет*

## ВВЕДЕНИЕ

Водородный топливный элемент (ТЭ) представляет собой электрохимическое устройство, преобразующее энергию химической реакции соединения водорода с кислородом напрямую в электричество, минуя малоэффективные процессы горения. Такое электрохимическое превращение позволяет ТЭ достигать КПД до 80 %. Кроме того, ТЭ не производит вредных выбросов, так как единственным продуктом реакции при его работе является вода. Поэтому в настоящее время топливные элементы рассматриваются как перспективные источники электрической энергии, однако их широкому применению препятствует ряд факторов, основным из которых является высокая стоимость. Высокая стоимость ТЭ обусловлена использованием электродов с нанесенным на них платиновым катализатором. Таким образом, разработка недорогих электрокатализаторов с высокой активностью для топливных элементов является ключевой задачей [1–3].

С тех пор как R.V. Levy and M. Boudart [4] обнаружили, что карбид вольфрама обладает каталитическими свойствами, аналогичными металлам платиновой группы для некоторых химических реакций, ученые стали предпринимать попытки его применения в топливных элементах. Однако вскоре было обнаружено, что использование одного карбида вольфрама в качестве катализатора для ТЭ не показывает ожидаемой активности. При этом было замечено, что при взаимодействии платина и карбид вольфрама проявляют синергетический эффект, который заключается в повышении электрокаталитической активности относительно платинового катализатора [5].

В настоящее время предлагаются различные методы получения карбидов вольфрама для использования их в качестве подложки для платины в топливных элементах. Y. Hara, N. Minami and H. Itagaki представили метод получения различных фаз карбидов вольфрама с высокой площадью поверхности. Синтезированные таким образом карбиды показали следующее соотношение электрокаталитической активности для реакции окисления водорода:  $WC > WC_{1-x} > W_2C$ . При этом добавление небольшого количества Pt к WC способствовало заметному увеличению анодной тока. Кроме того, удельная активность таких карбидов оказалась выше, чем у коммерческого катализатора [5]. Наночастицы карбида вольфрама (WC) были получены на пластинчатых углеродных нановолокнах (p-CNFs) для использования в качестве катализатора в прямых щелочных топливных элементах. Синтезированный материал WC/p-CNFs показал улучшенную каталитическую активность в отношении реакции окисления этанола по сравнению с p-CNFs благодаря синергетическому эффекту между наночастицами WC и нановолокнами p-CNFs, при котором максимальная плотность тока составила  $9,0 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$  [6]. В работе [7] представлен процесс химического синтеза мезопористого композиционного материала, состоящего из платины Pt, карбида вольфрама WC и углерода C. Полученный композит показал улучшенные характеристики процесса окисления метанола, о чем свидетельствовало увеличение максимальной плотности тока по сравнению с использованием угольной пластины (матрицы) с нанесенным коммерческим платиновым катализатором.

В данной работе предлагается метод получения кубической фазы карбида вольфрама  $WC_{1-x}$  в процессе прямого плазмодинамического синтеза для дальнейшего его использования в качестве основного компонента электрокатализатора в топливных элементах.

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Предлагаемый способ получения  $WC_{1-x}$  основан на использовании коаксиального магнито-плазменного ускорителя (КМПУ) [8]. Подробно методика проведения эксперимента описана в наших предыдущих работах [9, 10].

В качестве исходного реагента использовался микронный порошок вольфрама, который закладывался в зону формирования плазменной структуры сильноточного дугового разряда.



Импульсное электропитание КМПУ осуществлялось от емкостного накопителя энергии емкостью 6,0 мФ и зарядным напряжением 3,0 кВ. При подключении источника питания разрядный ток протекал по порошкообразной вольфрамовой перемычке, материал которой переходил в плазму, которая ускорялась в графитовой коаксиальной системе.

Плазменный выстрел производился в камеру-реактор, заполненную аргоном при нормальных условиях.

Просвечивающая электронная микроскопия (ТЕМ) продукта синтеза выполнена с помощью микроскопа JEOL JEM 2100F.

Электрокаталитические свойства синтезированного карбида вольфрама  $WC_{1-x}$  исследовались с помощью электрохимического анализатора Potentiostat CHI760e (CH Instruments).

### РЕЗУЛЬТАТЫ АНАЛИТИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

На рисунке 1 представлены результаты просвечивающей электронной микроскопии продукта синтеза. Анализ микроэлектронных снимков показал, что полученный материал состоит из двух типов объектов: первый – округлые темные частицы размером до 60 нм, соответствующие фазе кубического карбида вольфрама; второй – менее плотные объекты, представляющие собой графитовую матрицу [9].

На картине дифракции электронов (рисунок 1б) можно идентифицировать 2 размытых кольца, принадлежащие фазе ультрадисперсного графита, и отдельные максимумы, соответствующие межплоскостным расстояниям кубического карбида вольфрама  $WC_{1-x}$ .

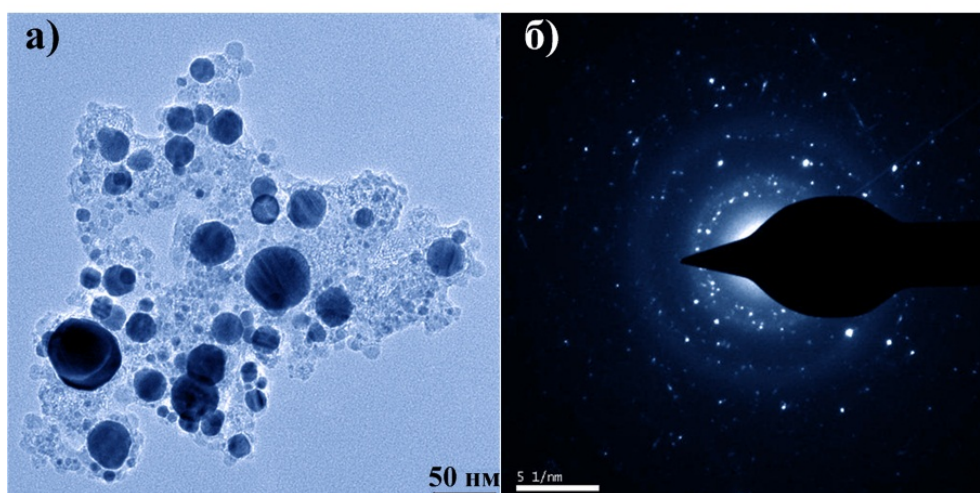


Рисунок 1. Результаты просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения

Каталитические исследования проводились методом трех электродов с использованием электрохимического анализатора. Используемый анализатор включал в себя три электрода: WE (working electrode) – рабочий электрод, на который наносился исследуемый материал; RE (reference electrode) – эталонный электрод, состоящий из Ag/AgCl; CE (counter electrode) – контрэлектрод, который представлял собой платиновую нить (рисунок 2).

На рис. 3 представлены результаты циклической вольтамперометрии для реакции окисления водорода, проводимой в метаноле. Были получены циклические вольтаграммы при нанесении на рабочий электрод синтезированного кубического карбида вольфрама  $WC_{1-x}$ , коммерческого платинового катализатора HISPEC 3000 и при отсутствии на рабочем электроде какого-либо катализатора (стеклоуглерод).

Согласно проведенной циклической вольтамперометрии, кривая, полученная при использовании кубического карбида вольфрама, обладает большей площадью, в несколько раз большей, чем при использовании традиционного платинового катализатора. Данный результат говорит о том, что  $WC_{1-x}$  является более активным электрокатализатором для реакции окисления водорода, что и необходимо для его использования в топливных элементах.

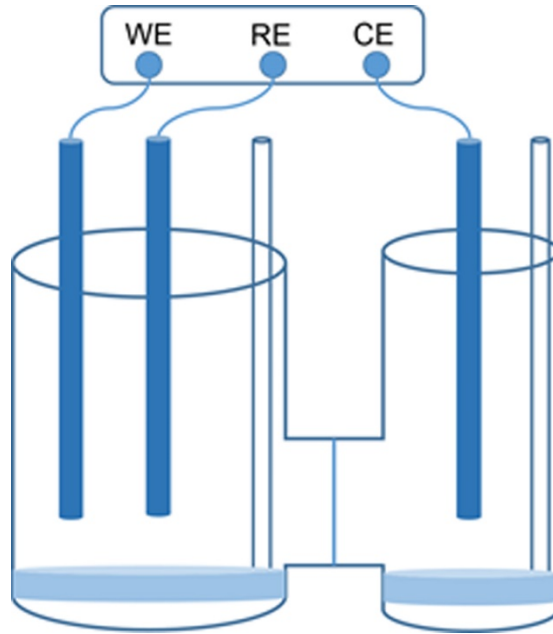


Рисунок 2. Схема электрохимического анализатора

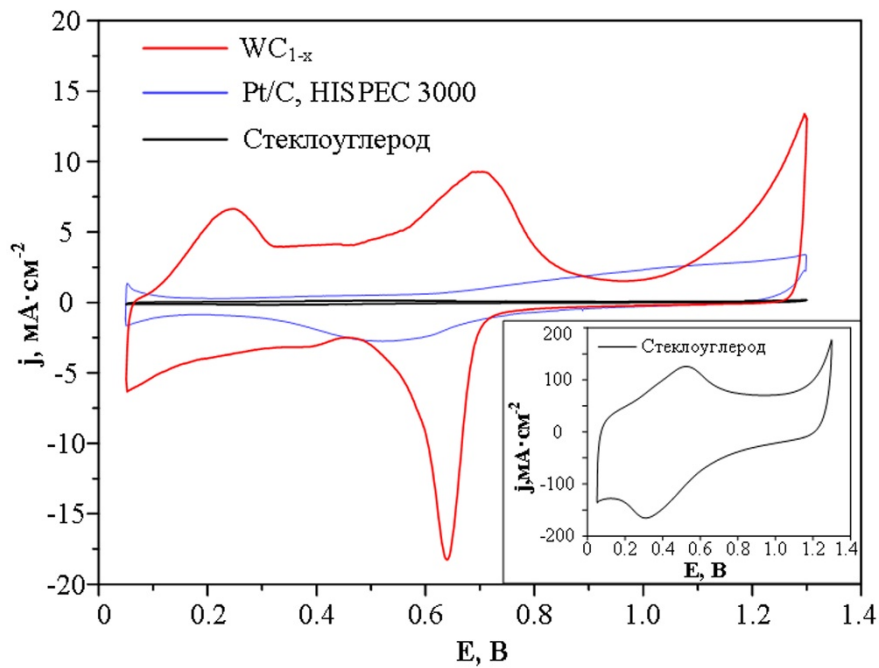


Рисунок 3. Результаты циклической вольтамперометрии

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, в данной работе показана возможность использования кубического карбида вольфрама, полученного с помощью коаксиального ускорителя плазмы, в качестве альтернативного высокоактивного платинозамещающего катализатора для топливных элементов.

### Список литературы

1. K. Huang, K. Bi, J.C. Xu, C. Lianga, S. Lin, W.J. Wang, T.Z. Yang, Y.X. Duc, R. Zhang, H.J. Yang, D.Y. Fan, Y.G. Wang, M. Lei // *Electrochimica Acta.* – 2015. – V. 174. – p. 172.

2. A. Hassan, V.A. Paganin, E.A. Ticianelli // *Applied Catalysis B: Environmental*. – 2015. – V. 165. – p. 611.
3. Ch. Tang, D. Wang, Zh. Wu, B. Duan // *International Journal of Hydrogen Energy*. – 2015. – V. 40. – № 8. – p. 3229.
4. R.B. Levy, M. Boudart // *Science*. – 1973. – V. 181. – p 547.
5. Y. Hara, N. Minami, H. Itagaki // *Applied Catalysis A: General*. – 2007. – V. 323. – p.86.
6. Y. Oh, S.-K. Kim, D.-H. Peck, J.-s. Jang, J. Kim, D.-H. Jung // *Int. J. of Hydrogen Energy*. – 2014. – V. 39. – № 28. – p.15907.
7. Ch. Ma, L. Kang, M. Shi, X. Lang, Y. Jiang // *J. of Alloys and Compounds*. – 2014. – V. 588. – p.481.
8. А.А. Сивков, А.Я. Пак // Патент РФ № 2431947. H05H 11/00, F41B 6/00. Коаксиальный магнито-плазменный ускоритель. Опубл. 20.10.2011. Бюл. № 29.
9. A. Pak, A. Sivkov, I. Shanenkov, I. Rahmatullin, K. Shatrova // *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials*. – 2015. – V. 48. – p. 51.
10. А.А. Сивков, А.Я. Пак, И.И. Шаненков, Y.L. Kolganova, K.N. Shatrova // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. – 2014. – V. 66. – № 1. – p. 012001.

# ВИЗУАЛИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ОБРАЗОВАНИЯ ШАРОВОЙ МОЛНИИ

С.И. Шершнев

hbrserega@gmail.com

Научные руководители: Юдин А.С., к.т.н., доцент каф. ВЭСЭ ИФВТ НИ ТПУ

Тригуб М.В., к.т.н., доцент каф. ВЭСЭ ИФВТ НИ ТПУ

## Шаровая молния, как природное явление

Шаровая молния (ШМ) – одно из малоизученных явлений природы. По свидетельствам очевидцев шаровая молния наблюдается в грозовую погоду, хотя встречалась в солнечную. Чаще всего она «выходит» из проводника с током или порождается линейными молниями, в редких случаях – неожиданно появляется в воздухе или может выйти из какого-либо предмета (дерево, столб).

Таблица 1. Вероятность появления шаровой молнии в зависимости от погоды [2].

Погода	Гроза	В течении получаса		Дождь	Облачно	Ясно
		Перед грозой	После грозы			
Вероятность, %	61.6	6.6	8.8	7.2	6.0	9.8

По геометрии ШМ может представлять из себя не только сферу, но и эллипсоид, ленту и другие [1]. Основное предположение о составе вещества ШМ – низкотемпературная плазма.

Свое существование шаровая молния заканчивает по-разному: в большинстве случаев взрывом, иногда медленным погасанием или распадом на части.

## Параметры ШМ

Средние параметры ШМ по данным автора [1]: вероятность появления ШМ сферической формы –  $90 \pm 1$  %; диаметр –  $23 \pm 5$  см; время жизни ШМ значительно превышает 1–2 с, но практически во всех случаях не более 2–3 мин. Половина ШМ исчезает за 13 секунд энергия – 12.5–31.5 Дж; цвет – белый, красный, оранжевый, желтый ( $80 \pm 2$  %), голубой, синий, фиолетовый, зеленый ( $13 \pm 1$  %); Световой поток ШМ сравним со световым поток лампы мощностью 100 Вт. ШМ обладает свойством прозрачности в видимом свете. Поскольку она не является черным телом, её температура не связана с её изучением в этом спектре. В большинстве случаев цвет красный и желтый.

Цвет ШМ не является ее характерным признаком. Цвет не говорит о температуре или составе. Вероятнее он определяется наличием примесей.

Температура ШМ не превышает 200–300 °С.

Сезонность – свыше 80 % шаровых молний наблюдаются в летнее время.

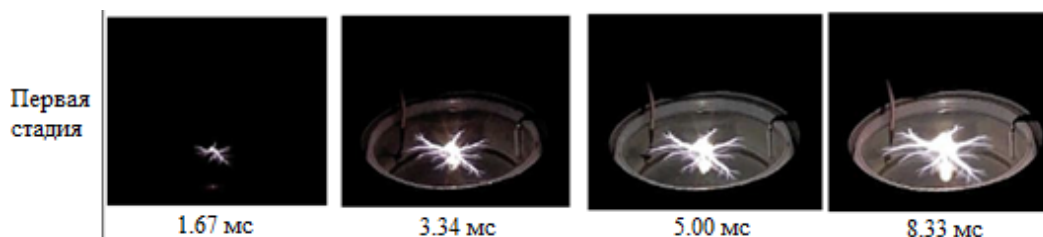
Излучая свет, шаровая молния почти совсем не излучает тепло. ШМ оказывает влияние на радиосвязь.

По оценке ШМ Стахановым И.П., её энергия может составлять до нескольких кДж, а в редких случаях – достигать 100кДж [2]. Время жизни долгоживущих ШМ зависит от её размера; при большом размере (>30 см в диаметре) составляет в среднем 50 с, а при меньших диаметрах – до 15 см – 10 с [2].

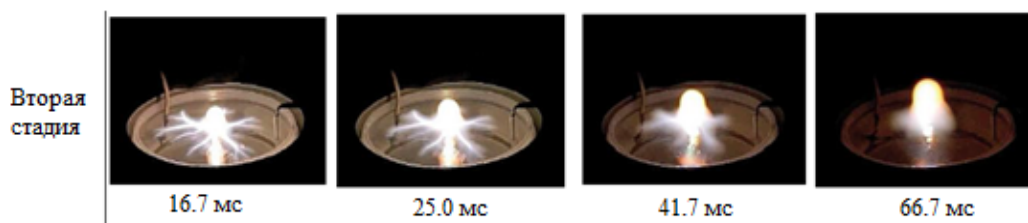
## Существующие гипотезы инициирования ШМ

В настоящее время существует большое количество гипотез, объясняющих природу ШМ и механизм её инициирования. Наиболее популярными и правдоподобными являются гипотезы, основанные на прямых наблюдениях ШМ, а также её физическом моделировании. Первая опирается на наблюдения за возможными местами ударов линейных молний [3]. Во время этих наблюдений было обнаружено инициирование ШМ при ударе нисходящей линейной молнией в землю. Наблюдаемая ШМ просуществовала 1,6 с, её диаметр был равен 5 метрам, а скорость передвижения составила 10 м/с. Зарегистрированный спектр этой шаровой молнии показал значительное содержание в её составе ионов железа, кремния и кальция. Вторая группа гипотез основывается на инициировании плазмоида ШМ импульсным разрядом по поверхности воды. Было поставлено большое количество экспериментов [4–7], однако получить долгоживущий плазоид не удалось. Последние из известных экспериментов позволили получить плазоиды, живущие до 0.8 с [7]. Их диаметр изменялся от 4 до 20 см в зависимости от энергии импульса генератора.

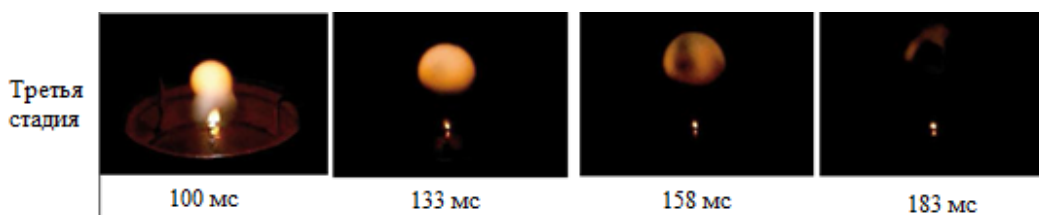
В одном из экспериментов, были выделены три стадии развития плазмоида [7]:



В первой стадии весь процесс начинается с зажигания ползучего разряда на кончике катода. Разряд растет во всех направлениях, в то время как разрядный ток возрастает и поступает на обширную поверхность раствора.



Переход из первой стадии во вторую происходит, когда разрядный ток, в некотором роде, распадается, но он все еще способен поддерживать достаточное количество энергии. Когда ползучий разряд уменьшается и исчезает, появляется и растет яркий, осьминогopodobный плазмоид. Плазменный канал окружает водяной пар.



Переход из второй стадии в третью всегда происходит, когда разрядный ток становится пренебрежительно мал, независимо от экспериментальных условий. Округлый плазмоид, возможно состоящий из большого количества водяного пара, отделяется от плазменной струи. Затем он плывет в воздухе вверх с увеличением размера и исчезает.

### Проект физического моделирования ШМ

В эксперименте планируется объединить две эти гипотезы, а именно - инициировать плазмоид поверхностным разрядом по электролиту, содержащему соли веществ, обнаруженных в спектре природной ШМ.

Экспериментальная установка для получения плазмоидов, а также её параметры в данном проекте будут аналогичны тем, что использовались ранее для получения плазмоидов [4–7]. А именно – емкость конденсатора – 300 мкФ при зарядном напряжении 3–9 кВ.

При проведении экспериментов предусмотрена возможность легко менять конструкцию электродов с целью введения наибольшей энергии в разряд, а соответственно, регулировать энергию плазмоида.

В исследованиях планируется получить долгоживущий плазмоид, используя поверхностный разряд в электролите, содержащем ионы Si, Ca, Fe, которые были обнаружены во время исследования природной ШМ.

### Применение

В настоящее время эти исследования носят фундаментальный характер, то есть пока не разрабатываются способы использования шаровой молнии в практических целях. Однако результаты именно фундаментальных исследований приводит к появлению принципиально новых видов технических устройств, радикальному изменению технологий, появлению новых видов научных знаний.

Однако уже сейчас можно обозначить достаточно весомую перспективу. Это, например, сверхмощное оптическое воздействие на протяженные объекты (в отличие от тонкого лазерного луча), беззеркальные накопители энергии для сверхмощных лазеров на основе закольцовки лучей за счет рефракции, новые перспективы в решении проблемы управляемого термоядерного синтеза.

Из наблюдений очевидцев выявлено – ШМ содержит в себе достаточно большую накопленную энергию, т.е. это некий конденсатор. Масса вещества намного ниже всех существующих накопителей на единицу запасенного заряда.

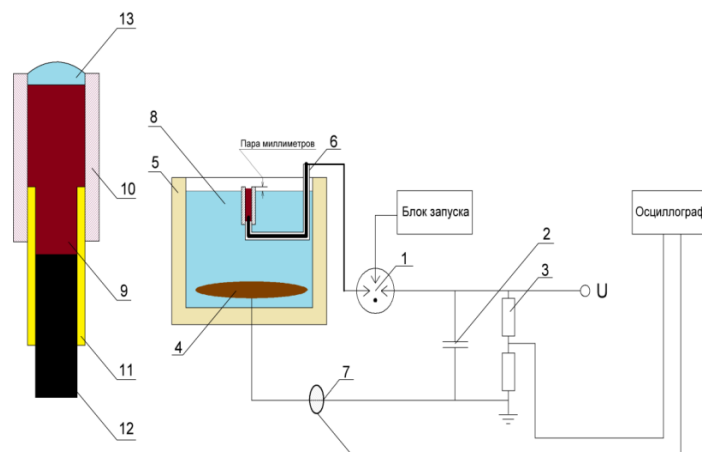


Рисунок 1. Экспериментальная установка для получения плазмоидов:

- 1 – Игнитронный разрядник. 2 – Конденсаторная батарея. 3 – Делитель напряжения. 4 – Кольцевой медный электрод. 5- Полиэтиленовый сосуд. 6 – Изоляция кабеля. 7 – Пояс Роговского. 8 – Раствор электролита. 9 – Угольный электрод ( $d = 5 \text{ мм}$ ). 10 – Кварцевая трубка. 11 – Цанговый зажим. 12- Кабель. 13 – Капля электролита

### Результаты экспериментов

Были произведены эксперименты на установке, описанной выше. В ходе экспериментов удалось заснять первые две стадии формирования плазмоида. Условия эксперимента: зарядное напряжение – 9 кВ, проводимость воды – 2,35 мСм/см, электролит – водопроводная вода с добавлением NaCl, положительная полярность. В ходе экспериментов с помощью камеры Casio FX-EH20 удалось зафиксировать первые две стадии формирования плазмоида. Использовался осциллограф Tektronix TPS2024, делитель напряжения ДНВ-25-3000, пояс Роговского CWT-1500 mini.

Из полученных осциллограмм можно сделать вывод, что при падении тока от максимального значения начинается переход от скользящего разряда к образованию плазмоида. Зафиксировать округлый плазмоид не удалось.

### Список литературы

1. Смирнов Б.М. Физика шаровой молнии // Успехи физических наук. – 1990. – Т. 160, вып.4, 6. – 19 с.
2. Стаханов И.П. О физической природе шаровой молнии / И.П. Стаханов. – Москва : Энергоатомиздат, 1985 – С. 53, 88, 47.
3. Jianyong Cen, Ping Yuan, Simin Xue. Observation of the Optical and Spectral Characteristics of Ball Lightning// PHYSICAL REVIEW LETTERS. – 2013.
4. Бойченко А.М. Шаровые молнии с временем жизни  $\leq 1\text{с}$  / А.М. Бойченко // Журнал технической физики. – 1999. – Т. 69, вып.10.
5. Егоров А.И.. Долгоживущие плазмоиды – аналоги шаровой молнии, возникающие во влажном воздухе / А.И. Егоров, С.И. Степанов // Журнал технической физики. – 2002. – Т.72, вып.12.
6. A. Versteegh, K. Behringer, U. Fantz, G. Fussmann, S. Noack. Long-living plasmoids from an atmospheric water discharge. Plasma sources science and technology. – 2008, вып. 17.
7. N. Hayashi, H. Sasaki, T. Mohri, T. Kajiwara, T. Tanabe. Nature of Luminous Body Produced by Pulsed Discharge on a Electrolyte Solution in The Atmosphere, Proceedings of International Conference on Gas Discharges and Their Application. – 2010. – С. 312–315.

# СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПЛОТНЕНИЙ ВЫСОКОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПОТОКОВ В ГАЗОВЫХ ТУРБИНАХ

А.А. Витвицкий

angey20.08@mail.ru

Научный руководитель: Вивденко Ю.Н., д.т.н., профессор,  
Омский государственный университет путей и сообщения (ОмГУПС)

Из-за значительных линейных скоростей уплотняемых рабочих поверхностей, и высокой температуры рабочего процесса 1200...1400 °С, обеспечить полное исключение перетока рабочего тела на теоретической границе уплотнения пары «ротор – статор» невозможно. С учетом этого, в отечественных и зарубежных конструкциях, такие уплотнения применяют в виде щели дросселирования [1]. С одной стороны, при сборке турбины, необходимо изготовить предельно малый зазор. С другой стороны, при работе турбины и её эксплуатации, при таком зазоре, будет происходить нагрев подвижной и неподвижной части уплотнения, что может привести к быстрому увеличению зазора или заклиниванию и выводе из строя турбины. Однако, изготовление более сложной формы зазора повышает себестоимость изготовления.

На рис. 1 показана схема сечения дросселирующего клапана, при движении потока перед дросселированием с давлением  $p'$  и после с давлением  $p^1$ . Исходя из процесса в  $i, s$  – диаграмме (рис. 1, б) видно, что давление газа уменьшается, проходя через каждый участок уплотнения.

Задачи создания и применения осевых и радиальных уплотнений для тел вращения сводятся к гарантированному созданию минимальной кольцевой щели на границе уплотнений с заданными размерами и формы щели в виде лабиринта. Для достижения данной цели применяют лабиринтные уплотнения. Действие таких уплотнений основано на торможении (завихрении) газа в узкой кольцевой щели с последующим расширением в смежной кольцевой камере большего объема. В кольцевой щели давление преобразуется в скоростной напор. По выходе газа из щели давление восстанавливается, но только частично. Часть давления расходуется на необратимые потери при завихрении – расширении. Чем больше эти потери (т. е., чем меньше сечение щели и геометрически сложнее форма лабиринта), тем меньшая доля давления восстанавливается в камере и, следовательно, тем эффективнее работает уплотнение.

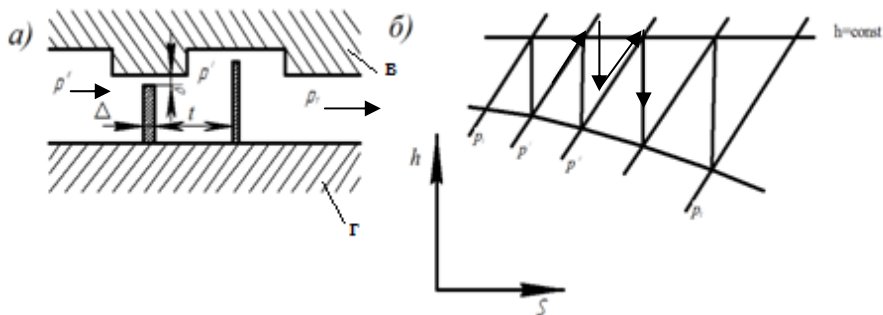


Рисунок 1. Дросселирование в лабиринтном уплотнении: а – схема уплотнения; б – процесс в  $h, s$  – диаграмме. в – ротор; г – статор; т – расстояние между гребнями уплотнения

На рис. 2 показана схема действия лабиринтного уплотнения. Такое уплотнение отделяет полость А с повышением давления  $P_a$  от полости Б с понижением давления  $P_b$ .

Камеры целесообразно выполнять с резкими уступами на пути движения струи с тем, чтобы кинетическая энергия вытекающего из щели рабочего тела снижалась до минимума. Однако наличие таких уступов требует горизонтального разреза статора, что не всегда можно выполнить. Поэтому на практике применяются уплотнения с уступами и без уступов. В лабиринтах без уступов существенная часть кинетической энергии струи сохраняется до ее входа в следующую щель, вследствие чего коэффициент расхода этой щели может существенно возрастать.

Такой тип уплотнения не может полностью предотвратить истечение газа. Наоборот, безостановочное движение газа вдоль лабиринта лежит в основе принципа действия лабиринта и является



обязательным условием для его функционирования. Главной особенностью лабиринта это то, что лабиринт может только ослабить поток газа через уплотнение [1].

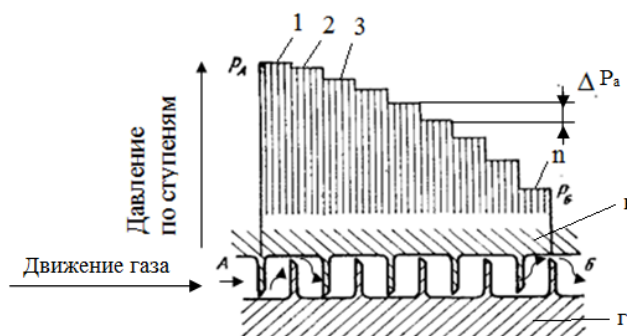


Рисунок 2. Схема действия лабиринтного уплотнения: 1, 2, 3, ..., n – значение давлений на участках уплотнений; в – ротор; г – статор;  $\Delta P_a$  – разность давлений соседних участков уплотнений

Основной проблемой данного уплотнения, является в первую очередь, сохранение зазора в диапазоне эксплуатации: от режима запуска до режима номинальной нагрузки меняются перепады давления и меняется сам зазор. Вместе с тем, изнашивание соприкасающихся элементов лабиринтного уплотнения способствует их изнашиванию, росту зазора и утечек.

Исключительным является случай, когда давление в области уплотнения колеблется циклически от максимума до нуля. В этом случае волна рабочего тела, движущаяся в уплотнение, обладает определённым запасом энергии, который может быть полностью погашен в уплотнении. В этих условиях лабиринтные уплотнения могут обеспечить полную герметичность.

Задача определения расхода турбиной рабочего тела при изменении его параметров была поставлена и решена словацким ученым Аурелем Стодолой [3], который установил ряд важных закономерностей, известных под названием конуса расхода газа.

Количество протекающего через лабиринты рабочего тела при одинаковых размерах всех щелей можно определить формуле А. Стодолы [3]:

$$G = \mu \cdot f \cdot \sqrt{\frac{p_1^2 - p_2^2}{z \cdot p_1 \cdot v_1}}, \quad (1)$$

где  $G$  – массовый расход рабочего тела;  $f$  – живое сечение кольцевой щели;  $p_1$  и  $v_1$  – соответственно начальное давление и удельный объём рабочего тела;  $p_2$  – противодействие;  $z$  – число щелей;  $\mu$  – коэффициент расхода.

Коэффициент расхода зависит от устройства уступов, величины зазоров, формы и толщины концов гребней, расстоянии между ними. Если при возникновении критической скорости в последней щели коэффициент расхода для нее выше, чем для остальных щелей.

Расстояние между гребнями уплотнений  $T$  (рис. 2, а) в значительной мере отражается на процессе торможения потока в лабиринтовых камерах, особенно при отсутствии уступов. Если это расстояние достаточно велико, то в щели под гребнем происходит резкое падение давления, а перед гребнем и за ним возникают лишь местные повышения давления. Если расстояние между гребнями становится малым, то в уплотнениях без уступов в камерах между гребнями происходит изменение давления столь же существенное, как и под гребнями. При этом давление вдоль лабиринта падает постепенно, что способствует сохранению кинетической энергии рабочего тела перед входом в последующую щель и увеличению его расхода.

На основании опытных данных [4], можно принять для заостренных гребней следующие средние значения коэффициентов расхода составляющие  $\mu_1 \approx 0,67$  и  $\mu_2 = 0,80$ .

Зазоры в лабиринтовых уплотнениях делают по возможности малыми (0,15...0,2 мм). Однако, учитывая увеличение зазоров во время эксплуатации, в расчетах обычно принимают их вдвое большими, чем показано на чертежах, по которым изготавливаются уплотнения.

На основе обобщения известного типа уплотнения и выполненных исследований установлено, что обеспечение предельно малого зазора является очень важной задачей для повышения качества работы газовой турбины. Для этого предложено изготавливать лабиринтное уплотнение в два этапа. Первый этап: формирование на роторе будущей формы лабиринта. Второй этап заключается в нанесении слоя или формы лабиринта в форме плазменного напыления (рис. 3).



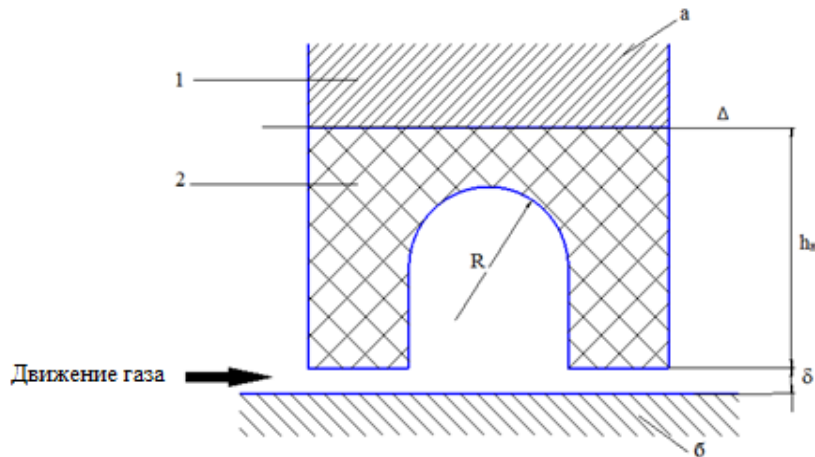


Рисунок 3. Схема решений по предлагаемому уплотнению: 1 – изготавливаемая часть уплотнения ротора; 2 – поверхность, образованная по технологии плазменного напыления; а – ротор; б – статор; δ – радиальный зазор; Δ – ширина кромки

В связи с этим, в месте контакта подвижной и неподвижной части предложено провести подбор специальных контактных материалов, с повышенными свойствами уплотнения и притирки. Материалы предложено наносить по технологии плазменного напыления (рис. 3). Толщина такого напыления ( $h_n$ ) должна составлять 1,5...2 мм. Такой участок должен обладать: высокими уплотняющими свойствами и прирабатываемостью при совместном движении контактных поверхностей [4]. При сборке турбины необходимо, чтобы подвижная и неподвижная были доведены до касания.

Для создания уплотнений с оптимальными характеристиками рекомендовано в технологическом процессе сборки турбины и ее обкатки предусмотреть этапы в соответствии с рис. 4.

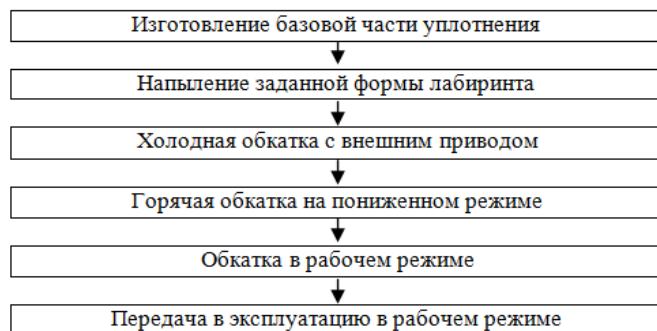


Рисунок 4. Этапы технологического процесса формирования заданных параметров уплотнения

Предлагаемые решения могут быть рекомендованы для повышения эффективности рабочего процесса газовых турбин широкого диапазона мощности и назначения, а также для совершенствования процессов в других турбомашинах

### Список литературы

1. Орлов П.И. Основы конструирования. Справочно-методическое пособие / П.И. Орлов. – Москва : Машиностроение, 1977. – 360 с.
2. Вивденко Ю.Н. Технологические системы производства наукоемкой техники : учеб. справ. пособие / Ю.Н. Вивденко. – Омск : изд-во ОмГТУ, 2004. – 544 с.
3. Кириллов И.И. Теория турбомашин / И.И. Кириллов. – Ленинград : Машиностроение, 1972. – 537 с.
4. Вивденко Ю.Н. Управление ресурсом трибосистем // Материалы научн.-техн. Конф. Военная техника, вооружение и технологии двойного применения в XXI веке/ Ю.Н. Вивденко, Н.Г. Макаренко, С.А. Резин. – Омск, 2003. – С. 106–108 с.
5. Вивденко Ю.Н. Автоматизированная доводка прецизионных деталей. / Ю.Н. Вивденко, Г.И. Кравченко. – Омск : изд-во ОмГТУ, 2002. – 100 с.

## ЭФФЕКТИВНОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ОТРАБОТАВШИХ ГТД В УСЛОВИЯХ ЭНЕРГЕТИКИ

А.В. Захарец

Lex-haub@mail.ru

*Научный руководитель: Вивденко Ю.Н., профессор, д.т.н.,  
Омский государственный университет путей сообщения*

Наряду с газотурбинными установками (ГТУ) большой мощности 150...250 МВт в генерирующих системах и в качестве приводов насосно-компрессорного и другого технологического оборудования находят все более широкое применение ГТУ мощностью 20...50МВт [1,2].

Отечественные предприятия авиационного двигателестроения являются одними из разработчиков и изготовителей таких установок [3,4].

По конструкции авиационные газотурбинные двигатели (ГТД) во многом схожи со стационарными энергетическими установками, а именно узлами: воздушный компрессор – камера сгорания – газовая турбина.

В настоящее время энергетические установки, построенные на базе авиационных газотурбинных двигателей, находят применение в различных областях промышленности и народного хозяйства. Их используют как энергоприводы, источники сжатого воздуха, струйные и струйно-тепловые машины, тепловые машины, парогазогенераторы при пожаротушении.

Жизненный цикл авиационных ГТД предусматривает ресурс 1...4 тысячи часов и выполнение 3...4 капитальных ремонтов, с назначением после каждого их них нового ресурса. Цикл заканчивается утилизацией двигателя.

Решение задач по применению ГТД для указанных целей было предусмотрено на основе следующих условий:

- необходимость эффективного использования ГТД в наземных условиях и продление его ресурса, что может быть обеспечено путем занижения тепловых и механических характеристик эксплуатации по сравнению с использованием в лётных условиях;
- после отработки ресурса авиационного ГТД его детали могут быть разбиты на 3 группы: полностью отбракованные, подлежащие восстановлению и пригодные для использования в наземных условиях;
- изготовление новых деталей взамен изношенных деталей и восстановление изношенных деталей может быть выполнено с использованием ресурсосберегающих технологий и современных конструкционных материалов [5, 6].

Износ деталей при эксплуатации ГТД происходит неравномерно, поэтому в каждом конкретном случае необходимо проводить анализ состояния деталей в индивидуальном порядке.

В табл. 1 приведены результаты анализа износа деталей авиационных ГТД в эксплуатации и результаты оценки возможности использования этих деталей в стационарных ГТУ.

*Таблица 1. Дефекты изношенных деталей и их восстановление*

Узел ГТД	Деталь	Материал	Дефект	Основа ТП восстановления
Компрессор	Лопатка 12, 13 ступени	Сплав ВТЗ-1	Коррозионный износ	Плазменное напыление и отделочное полирование
Турбина	Лопатка 1, 2 ступени	Сплав ЖС-6К	Износ уплотнительной бандажной полки	Наплавка и алмазное шлифование
Турбина	Лопатка 1, 2 ступени	Сплав ЖС-6К	Газовая эрозия пера	Плазменное напыление и отделочное полирование
Топливо-регулирующая установка	Плунжер	Сталь ХН 45 ДЮ	Износ по диаметру	Хромирование и абразивная доводка
Система смазки	Вал привода насоса	Сталь 35ХГСН	Износ шеек подшипника	Плазменное напыление и отделочное полирование

В связи с переводом ГТД в режим эксплуатации с заниженными параметрами целесообразна замена дорогостоящих титановых и отдельных жаропрочных сплавов на более дешевые материалы, которые способны сохранять работоспособность в новых условиях.

Для оптимизации и удешевления производства необходим алгоритм выполнения работ по переводу ГТД в ГТУ. Он должен учитывать составление документации, результаты анализа деталей, операции по их восстановлению, и, непосредственно, операции по сборке и запуску ГТУ. Далее предложен вариант построения необходимого алгоритма.

Укрупненный алгоритм выполнения работ по переводу отработавших свой ресурс авиационных ГТД в стационарные энергетические ГТУ приведен на рис. 1.

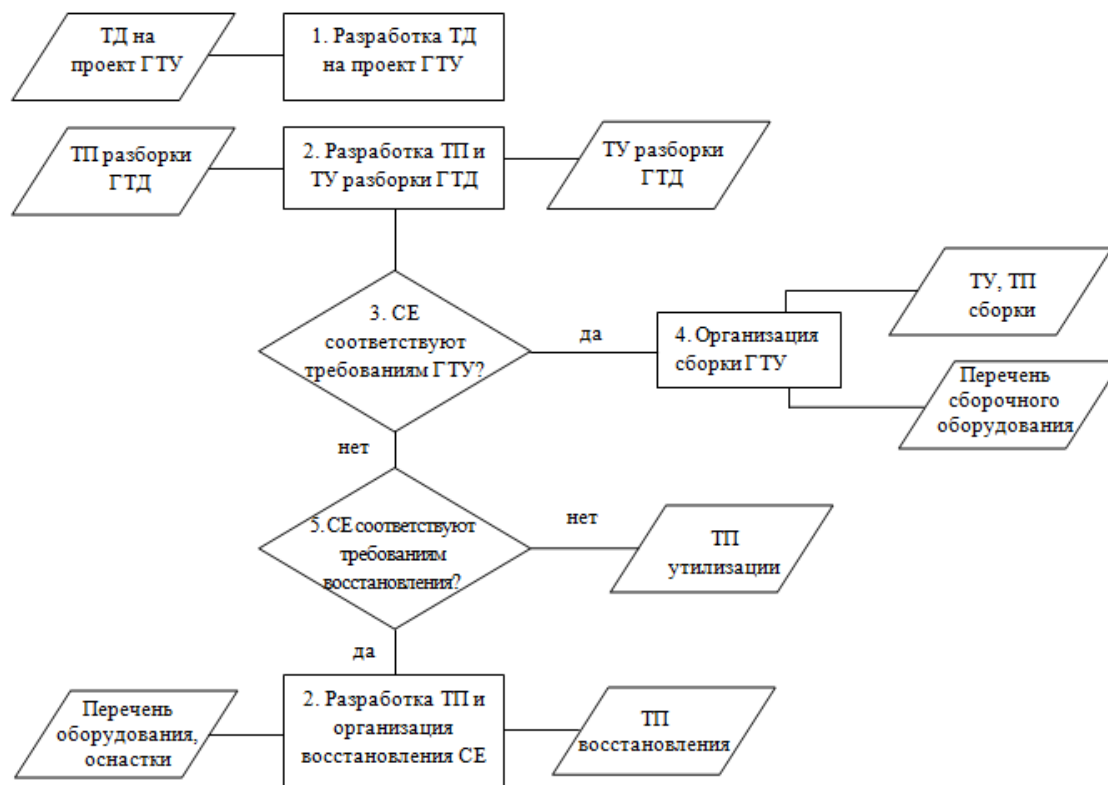


Рисунок 1. Укрупненный алгоритм перевода авиационного ГТД в энергетическую ГТУ: ТУ- тех.условия; ТД – техническая документация; СЕ – сборочная единица; ТП – технологический процесс

Ожидаемые показатели технико-экономической эффективности использования ГТУ в стационарных условиях приведены в табл. 2.

Таблица 2. Показатели относительной эффективности

Наименование	Виды выполняемых работ	Показатели экономической эффективности
Восстановление деталей	Дефектация, нанесение восстановительного слоя, размерная обработка	–(40...50) %
Проектные работы	Разработка конструкторской и технологической документации	–(20...40) %
Годовая стоимость электрической и тепловой энергии, вырабатываемой ГТУ	Выработка электрической и тепловой энергии ГТУ	+(400...500) %
Годовые эксплуатационные расходы	Покупка запасных частей, зарплата персоналу и др.	–(50...60) %

За 100 % принята стоимость ГТД, отработавшего лётный ресурс. В рассмотренном случае экономическая эффективность составила 250...390 %. Данный показатель значительно превышает экономическую эффективность при установке нового оборудования для ГТУ, что говорит о целесообразности использования отработавших лётный ресурс ГТД.

Окончательное решение о целесообразности использования в теплоэнергетических системах авиационных ГТД, отработавших лётный ресурс, принимают на основе технико-экономического обоснования, так как в каждом конкретном случае могут возникать дополнительные траты на обеспечение работоспособности ГТУ, в зависимости от состояния деталей в состав ГТД.

Основные технические решения принимают с учетом обеспечения требуемых показателей мощности, экономичности, маневренности и экологической безопасности в соответствии с ГОСТ 27529, ГОСТ 29328, ГОСТ Р 52527, ГОСТ 52782, ГОСТ Р 54402 и ГОСТ Р 54403.

Наиболее высокие технико-экономические показатели решения рассматриваемых задач соответствует условиям, при которых работа по переводу ГТД будет выполнять предприятие двигателестроения – разработчик и изготовитель этого типа двигателей и когда вид производства будет серийным.

#### **Список литературы**

1. Манушин Э.А. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок / Э.А. Манушин, В.Е. Михальцев и др. – Москва : Машиностроение, 2005. – 447 с.
2. Вивденко Ю.Н. Управление ресурсом трибосистем / Ю.Н. Вивденко, Н.Г. Макаренко, С.А. Резин // Военная техника, вооружение и технологии двойного применения в XXI веке / Редкол: В.И. Струнин и др. – Омск : Издательство ОмГТУ, 2003. – С. 106–108.
3. Елисеев Ю. С. Испытание, обеспечение надежности и ремонт авиационных двигателей и энергетических установок / Ю.С. Елисеев, В.В.Крымов. – Москва : Издательство МАИ, 2005. – 537 с.
4. Вивденко Ю.Н. Технология ремонта машин / Ю.Н. Вивденко, Г.А. Нестеренко, С.А. Резин. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2005. – 200 с.
5. Вивденко Ю.Н. Технологические системы производства деталей наукоёмкой техники / Ю.Н. Вивденко. – Омск : Изд-во ОмГТУ, 2006. – 200 с.
6. СТО 70238424.27.040.001 – 2008 Газотурбинные установки. Организация эксплуатации и технического обслуживания.

## РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ МЕРОПРИЯТИЙ НА ПРОМЫШЛЕННОЙ КОТЕЛЬНОЙ

Ж.С. Акшабаева

zhanka.akshabaeva@mail.ru

*Научные руководители: Сегеда Т.А., к.ф.-м.н., доцент каф. «Энергетика и техническая физика»,  
Галкин С.В., преподаватель каф. «Водные и лесные ресурсы» ВКГТУ им. Д. Серикбаева,  
г. Усть-Каменогорск, Казахстан*

С каждым годом запас мировых ресурсов становится только скуднее. Нехватка ресурсов может стать существенным фактором сдерживания развития промышленности и экономического роста стран мира. На сегодняшний день во всех странах стоит вопрос о чрезмерном и малоэффективном использовании ресурсов. Создаются программы, повышающие потенциал предприятий, разрабатываются наиболее эффективные стратегии производства. Но, при всем желании, природные ресурсы иссякают, что может привести к глобальным последствиям для всего мира и человечества в целом.

Энергетические ресурсы являются одним из долгосрочных приоритетов развития любой страны. В связи с этим в 2012 году в Казахстане принят Закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности», направленный на создание целостной правовой базы в сфере энергосбережения, а также формирование национальной инфраструктуры в сфере энергосбережения для обеспечения перехода экономики на энергоэффективное развитие [1].

«Казахстанская программа USAID по сдерживанию изменения климата» (KCCMP) нацелена на содействие в достижении долгосрочного устойчивого снижения энергоемкости экономики и выбросов парниковых газов. Для достижения этих целей Программа организовала специализированное обучение в Казахстане для создания нового поколения профессионалов в области энергетики и изменения климата.

В рамках меморандума по внедрению и совершенствованию системы энергосбережения сотрудниками «Казахстанской программы USAID по сдерживанию изменения климата» и Группы компаний AES в Казахстане проводилось обучение студентов ВКГТУ им. Д. Серикбаева проведению экспресс-энергоаудитов на промышленных предприятиях Восточно-Казахстанской области [2]. В рамках обучения были сформированы команды под координированием опытного международного инструктора для проведения экспресс-энергоаудитов малых и средних промышленных предприятий. В качестве пилотных проектов были выбраны ТОО «Усть-Каменогорский арматурный завод», ТОО «Айтас-Энерго» (птицефабрика в поселке Кайсенов) и ТОО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ».

Экспресс-энергоаудиты на этих предприятиях имели практический характер. Задачи аудиторов во время проведения оценки - выявить резервы и потенциальные возможности экономии энергетических ресурсов, разработать для каждого предприятия программы энергосберегающих мероприятий, а также дать рекомендации по совершенствованию системы контроля и учета расхода энергоресурсов [3].

Первые два дня были отведены для тренинга по экспресс-энергоаудиту на базе Центра подготовки энергоаудиторов Восточно-Казахстанского государственного технического университета им. Д. Серикбаева. В обзорной теоретической части было отмечено, что энергоэффективность в энергетическом, промышленном и коммунальном секторах и, как следствие, эффективность использования топливно-энергетических ресурсов (ТЭР) в Республике Казахстан зависят от многих технических, экономических и организационно-правовых факторов. Детально была представлена методика проведения экспресс-энергоаудита на малых и средних предприятиях с привлечением опытных энергоаудиторов и студентов.

Энергетический экспресс-аудит проводился группой, которая включала профессионального энергоаудитора, двух преподавателей университета, одного докторанта, одного магистранта и одного студента. Длительность посещения пилотного предприятия ТОО «Айтас-Энерго» при проведении экспресс-энергоаудита составляла 2 дня.

Основными задачами этапа сбора информации при проведении экспресс-энергоаудита пилотного предприятия ТОО «Айтас-Энерго» являлись: ознакомление с предприятием, разработка и заполнение опросных листов, проведение совещаний и интервью с руководством и инженерно-техническим персоналом предприятия, проведение визуального осмотра и оценка технического состояния основного и вспомогательного оборудования, зданий и сооружений, инженерных систем.

Основная производственная деятельность данного предприятия заключается в обеспечении населения поселка имени Касыма Кайсенова Восточно-Казахстанской области, организаций и технологических нужд основного производства АО «Усть-Каменогорская птицефабрика»: тепловой энергией в горячей воде и паре, водой питьевого качества и услугами канализации.

На первом этапе было проведено ознакомление с работой приборов, применяемых в процессе энергоаудита. Для правильного использования и соблюдения необходимой техники безопасности были изучены инструкции к приборам на русском и английском языках. К примеру, тепловизор Flir E-40 использовался для измерения поля температур при обследовании зданий, сооружений и оборудования с целью определения нерациональных утечек тепла. Трехфазным анализатором качества электроэнергии измерялись показатели качества потребляемой электроэнергии. Инфракрасный термометр «Кельвин» использовался для бесконтактного измерения температуры поверхностей от  $-20$  до  $+600$  градусов по Цельсию в труднодоступных местах, а также движущихся, находящихся под высоким напряжением и химически агрессивных средах. Прибором «Люксметр ТКА-Люкс» измерялся уровень освещенности помещений. Ультразвуковой расходомер с датчиком толщиномера Акрон 01 использовался для измерения расхода и количества звукопроводящих жидкостей.

Следующий этап были обработка и анализ информации: определение ключевых показателей энергетических систем предприятия и основного энергопотребляющего оборудования, потерь, удельных расходов топливно-энергетических ресурсов, потенциала энергосбережения и основных экономических показателей объекта, потребляющего топливно-энергетические ресурсы. На основе собранной информации построены технологические схемы производства, динамики и графики потребления ТЭР, аналитические и синтетические топливно-энергетические балансы.

При обсуждении результатов экспресс-энергоаудита пилотного предприятия и подготовке отчета по результатам экспресс-энергоаудита были выявлены источники неэффективного использования ТЭР и разработаны рекомендации по внедрению энергосберегающих мероприятий. Технический и экономический расчет эффективности энергосберегающих мероприятий сопровождался также использованием международных методик расчета, что способствовало улучшению знания технического английского языка.

В процессе проведения энергетического экспресс-аудита пилотного предприятия ТОО «Айтас-энерго» было отмечено, что основное технологическое оборудование устарело и имеет низкий уровень энергоэффективности. При этом, из проведения интервью с персоналом предприятия, стало очевидным, что менеджмент предприятия заинтересован в энергосбережении и сокращении своих расходов на энергоресурсы.

Предприятие не имеет собственного административного корпуса и арендует его у АО «Усть-Каменогорская птицефабрика» (УКПФ).

В процессе энергетического экспресс-аудита предприятия были выявлены следующие недостатки:

1. На предприятии не внедрена система энергетического менеджмента.
2. Отсутствует автоматизированная система технического (внутризаводского) учета потребления электрической и тепловой энергии (хотя бы по наиболее существенным потребителям энергии).
3. В процессе обследования было выявлено, что в качестве рабочего освещения используются лампы накаливания с долей 30 %. Эти лампы имеют самый низкий уровень энергоэффективности и имеет смысл провести их замену на более энергоэффективные источники света.
4. Ввиду того, что на предприятии не проводится периодическая оценка уровня загрузки трансформаторных подстанций, точно определить коэффициент загрузки трансформаторов не представляется возможным.

В котельной:

1. На предприятии не проводится входной контроль показателей качества поступающего угля.
2. Отсутствуют режимные карты паровых котлов. Управление процессом горения осуществляется интуитивно вручную. При измерении дымовых газов газоанализатором были обнаружены значительные избытки воздуха в дымовых газах. Работа котла при оптимальной величине избытка воздуха сократит до минимума потери тепла, уходящего в дымовую трубу, и повысит эффективность сгорания. Недостаточный избыток воздуха приводит к неполному сгоранию горючих веществ (топлива, сажи, твердых частиц и окиси углерода), в то время, как слишком большой избыток воздуха вызывает потери тепла вследствие увеличения расхода топочных газов, понижая, тем самым, общую эффективность котла.

3. Котлоагрегаты не оснащены контрольно-измерительными приборами, которые обеспечивают ведение оптимального режима производства пара.

4. В котельной предприятия были отмечены недостатки по тепловой изоляции теплового оборудования и трубопроводов. Местами теплоизоляция повреждена либо недостаточно эффективна.

5. В котельной имеется счетчик количества отпускаемой тепловой энергии только на поселок, на УКПФ отсутствует, что делает невозможным объективную оценку полного производства тепловой энергии котельной. Отсутствует контрольно-измерительный прибор по учету подачи пара на УКПФ.

6. Были отмечены дополнительные потери тепла в обратном трубопроводе в связи с превышением фактических температур над нормативными.

7. Сетевые насосы работают в нестационарном режиме ввиду изменения расходов теплоносителя потребителям, что вызывает перерасход электроэнергии.

По водоснабжению:

1. Приборы учета холодной воды в системе водоснабжения имеются только для поселка, для УКПФ они отсутствуют.

2. На насосных станциях были обнаружены значительные утечки воды в связи с наличием неплотностей в технологическом оборудовании.

3. На четвертой насосной станции сетевые насосы работают в нестационарном режиме ввиду изменения расходов теплоносителя потребителям, что вызывает перерасход электроэнергии.

По результатам проведенного обследования и расчетов объекту было выдано заключение по энергосбережению и повышению энергоэффективности, предложены мероприятия по энергосбережению и повышению энергоэффективности объекта с указанием сроков их выполнения, в выводах отображена общая оценка деятельности заказчика в области энергосбережения и повышения энергоэффективности, возможный потенциал энергосбережения объекта. Предприятию ТОО «Айтас-Энерго» было предложено более детально изучить следующие возможности по энергосбережению:

- 1) проведение ремонтно-наладочных работ на насосных станциях с целью устранения утечек;
- 2) установка приборов учета холодной воды в системе водоснабжения для УКПФ;
- 3) теплоизоляция проблемных участков.

Далее, были разработаны и были предложены мероприятия по энергосбережению:

- ЭСМ 1. Установка частотных преобразователей для сетевых насосов.
- ЭСМ 2. Установка частотных преобразователей для дымососов.
- ЭСМ 3. Установка устройства плавного пуска для двигателей насосов.
- ЭСМ 4. Оптимизация режима горения угля путем оснащения котлоагрегатов приборами

контроля и автоматизации.

- ЭСМ 5. Замена ламп накаливания общего освещения на светодиодные лампы.
- ЭСМ 6. Регулирование расхода теплоносителя в тепловых сетях.

По завершении составления отчета результаты экспресс-энергоаудита представлены руководству ТОО «Айтас-Энерго». Презентация состояла из двух основных частей: результата анализа состояния потребления ТЭР на объекте; перечня предлагаемых энергосберегающих мероприятий, результаты их технико-экономической оценки и оценки их влияния на окружающую среду.

Представленные результаты энергоаудита, проведенного командой студентов и тренеров, были приняты руководством ТОО «Айтас-Энерго» за основу реализации программы повышения энергоэффективности предприятия.

Результаты упрощенной технико-экономической оценки указанных мероприятий по энергосбережению показали, что простой срок окупаемости указанных мероприятий не превышает трех с половиной лет. Выявлен потенциал экономии на 22 миллиона тенге (1799 т.у.т.). В таблице 1 приведены сведенные финансовые показатели реализации указанных мероприятий.

Данная программа позволила в реальных производственных условиях изучить передовой международный опыт, получить практические навыки в проведении энергоаудитов, принять конкретное участие в разработке комплексных мер по экономному использованию энергоресурсов, повышению энергоэффективности в регионе, научиться определять и рассчитывать потери энергии, разрабатывать и обосновывать рекомендации по повышению энергоэффективности предприятий.

Проведение экспресс-энергоаудита имело прикладной характер, целями которого были:

- подготовка в регионе квалифицированных кадров из числа сегодняшних студентов;
- создание Центра промышленного энергоаудита.

Таблица 1. Финансовые показатели реализации энергосберегающих мероприятий

№ п/п	Наименование проекта (энергосберегающего мероприятия)	Экономия энергоресурсов за 1 год, т.у.т.	Простой срок окупаемости, лет
1	Установка частотных преобразователей для сетевых насосов	60,54	1,5
2	Установка частотных преобразователей для дымососов	23,09	3,2
3	Установка устройства плавного пуска	37,49	2,7
4	Оптимизация режима горения угля	1517,15	2,7
5	Замена ламп накаливания общего освещения	6,62	2
6	Регулирование расхода теплоносителя в тепловых сетях	153,66	0,4

Данные цели были достигнуты. В ближайшем будущем подготовленным кадрам предстоит непосредственно работать в важном и перспективном для региона направлении повышения энергоэффективности, а направление подготовки энергоаудиторов станет одной из траекторий обучения инженерных кадров в вузе. В связи с вышеизложенным, студентам было полезно осваивать новые теоретические знания, вырабатывать практические навыки, вникать в различные аспекты новой профессии.

#### Список литературы

1. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» (с изменениями и дополнениями по состоянию на 17.11.2015 г.)
2. Электронный сайт: <http://www.ektu.kz/newsevents/memorandumofcooperation-.aspx>
3. Электронный сайт: <http://kazccmp.org>



# УСТРОЙСТВО ДЛЯ АВТОНОМНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ РАСТЕНИЙ

А.Р. Баскакова, Д.С. Меденцева, Т.Е. Пироженко, К.А. Сагалакова, А.А. Сутягина

tep2@tpu.ru

Научный руководитель: Мозгалева П. И., ассистент кафедры ОСУ ИК ТПУ

## Введение

Выращивание растений в домашних условиях – популярный вид досуга для людей любого возраста и достатка. Выращивают всё: от петрушки до кактусов. Заядлым садоводам не жаль потратить лишний час на уход за «питомцами». Но что делать тем, кто постоянно находится на работе, в командировках или же собирается в длительное путешествие?

Решение было найдено уже давно. Сегодня в садовом магазине можно найти широкий ассортимент устройств автономного выращивания растений. К ним относятся смартпоты (горшок, оснащённый микроконтроллером, управляющим поливом, освещением, поддерживающим необходимую температуру; предназначен для выращивания одного растения) и гроубоксы (шкаф, внутри отделанный светоотражающим материалом, стандартно оснащён функциями автополива, автоосвещения, системой контроля микроклимата; позволяют выращивать небольшое (не более 6) количество растений) (таблица 1). К сожалению, эти устройства позволяют выращивать ограниченное число растений. При этом цена на стандартное устройство, предназначенное для одного растения, начинается с 7000 рублей. Однако не все готовы платить за удобство такие деньги. Мы предлагаем более дешёвый и производительный аналог, управляемый с ИК-пульта.

Таблица 1. Сравнение характеристик

Устройства	Количество растений	Размеры	Освещение	Полив	Стоимость
Смартпот Click and Grow	1 растение	20 × 20 × 7 см	В стартовый комплект не входит	Автоматический полив (объем – 1 литр)	6990 руб.
Гроубокс 60-180 Led Easy	1-2 растения	60 × 60 × 180 см	Светодиодный светильник полного спектра с пультом управления	Автоматический полив (объем – 15 или 8,5 литров)	51450 руб.
AeroGarden 7 Classic	В каждом наборе содержится 7 горшочков	25,5 × 47 × 53,5 см	Автоматическое освещение полноспекторными лампочками	Растения развиваются в воде (объем резервуара – 3,2 литра)	19125 руб.
Наше устройство	3 растения	50 × 25 × 45 см	Светодиодные линейки с пультом управления	Автоматический полив (объем – 2 литра)	5000 руб – самая низкая

## Принцип работы теплицы

Управление автоматическими процессами осуществляется с помощью платы с микроконтроллером Arduino UNO R3 (рис. 1). Микроконтроллеры для Arduino отличаются наличием предварительно прошитого в них загрузчика (bootloader). С помощью этого загрузчика пользователь загружает свою программу в микроконтроллер без использования традиционных отдельных аппаратных программаторов [2].

В каждый период роста и созревания растениям нужен свой особенный полив. Периодичность и продолжительность полива легко установить с помощью таймера Arduino. Подсоединенный к реле насос будет забирать воду из ёмкости [3].

Для измерения освещённости в теплице необходим фоторезистор. Освещение в теплице требуется нам для выращивания светолюбивых растений. Подключение лампы происходит через вторую реле. Для определения степени освещённости можно воспользуемся фоторезистором в связке с обычным резистором (рис. 2) [3].

Управление ИК-пультом обеспечивается за счёт использования ИК-приёмника.

В результате работы был создан прототип «умной» теплицы, позволяющей экономить время ее владельца. Данная теплица представляет собой небольшой ящик из прочного поликарбоната, пропускающего солнечные лучи, и раздвигаемых дверей, защищающими растения от домашних питом-

цев. Также она оснащена автоматическим освещением и автополивом. При этом, наша теплица позволяет одновременно выращивать более двух растений (вместимость зависит от их размера). Связь между теплицей и владельцем осуществляется через пульт. У пульта очень простой интерфейс, состоящий из нескольких кнопок и позволяющий управлять теплицей людям, далеким от современных технологий. Владелец выбирает режим полива и освещения, и теплица автоматически следит за растением. Благодаря нашему устройству растение получает достаточное количество влаги и света (не больше и не меньше). По характеристикам наше устройство не уступает аналогам представленным на рынке, она значительно дешевле и проще. В итоге, без лишнего труда и затраты времени вы получите полноценное здоровое растение выращенное в домашних условиях.

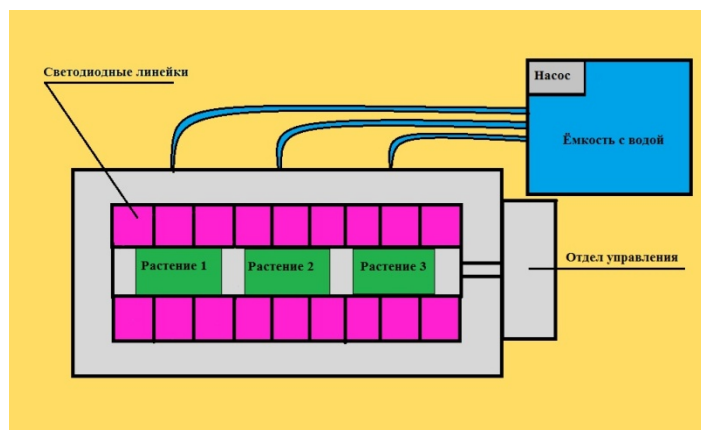


Рисунок 1. Принципиальная схема устройства

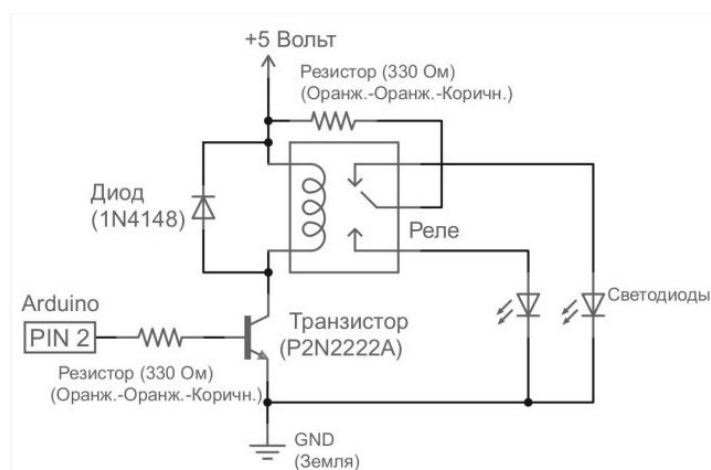


Рисунок 2. Электрическая схема автоосвещения

### Заключение

На фоне ускоряющихся темпов современной городской жизни, умная теплица представляет собой решение многих проблем с которыми сталкиваются сторонники здорового образа жизни, любители растений, садоводы и т. д. Полуавтоматизированная система не позволит растению погибнуть от отсутствия внимания и заботы со стороны владельца. Небольшой размер теплицы гармонично впишется в интерьер, а автоматическое освещение позволит цвести вашим цветам и при недостатке освещения. Но открытым остается вопрос проветривания, регулирования размеров. Эти проблемы будут решены в процессе дальнейшей работы над проектом.

### Список литературы

1. Интернет-источник [https://dzagi.club/articles/\\_/growers/growbox](https://dzagi.club/articles/_/growers/growbox), дата обращения 30.03.2016.
2. Интернет-источник <https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino>, дата обращения 30.03.2016.
3. Интернет-источник <http://www.vparnike.ru/article/113>, дата обращения 30.03.2016.

# ИССЛЕДОВАНИЯ В ОБЛАСТИ ЖАРСТОЙКОГО БЕТОНА НА ОСНОВЕ КОРУНДОВЫХ МАТЕРИАЛОВ ИЗ ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ МЕТАЛЛУРГИИ

Д.Ж. Дубай, В.Ю. Чернавин

danarista@mail.ru

*Научный руководитель: Чернавин В.Ю., профессор, к.т.н, Восточно-Казахстанский  
Государственный Технический Университет им. Д. Серикбаева*

Жаростойкие бетоны по праву заняли одно из главных мест в строительстве, нефтехимической и химической промышленности, энергетической отрасли, промышленности строительных материалов и др.

В настоящее время одной из важнейших проблем является индустриализация наиболее сложной области строительства – футеровки тепловых агрегатов. Основными тенденциями в производстве жаростойких и огнеупорных материалов являются повышение требований к их качеству и внедрение энергосберегающих и экономичных технологий. В связи с этим особую актуальность приобретают вопросы разработки новых эффективных материалов и конструкций для высокотемпературной теплоизоляции.

Одним из путей решения данной проблемы является разработка технологии приготовления и применения жаростойких бетонов, предназначенных для эксплуатации в области температур 800-1900°С и совершенствования их составов с применением корундовых материалов в качестве вяжущего и заполнителя. В отличие от штучных огнеупоров жаростойкие бетоны являются безобжиговыми материалами, их огневая обработка осуществляется в тепловом агрегате в процессе его пуска. [2].

Жаростойкие бетоны изготавливают из вяжущего (в которое в необходимых случаях вводится еще и минеральная тонкомолотая добавка), воды (или другого затворителя) и жаростойких заполнителей. Технология изготовления изделий из жаростойких бетонов имеет ряд особенностей, связанных с различием в свойствах исходных материалов и бетонных смесей.

К требованиям по комплектации и технологии приготовления жаростойкого бетона предъявляются более жесткие требования, чем к комплектации обычного бетона: требуется повышенная чистота заполнителя, не допускается засорение огнеупорных и тугоплавких заполнителей гранитом, известняком, песком, так как это приводит к разрушению бетона после его нагрева. Это необходимо учитывать при складировании материалов и изготовлении бетонных смесей. [1].

В настоящее время в научной практической лаборатории «БОСКОР» проводятся экспериментальные исследования по разработке состава и технологии получения жаростойкого бетона на основе корундовых материалов из техногенных отходов металлургии при температуре более 1800 °С.

Подбор состава бетона включает в себя:

1. Расчет и назначение состава для опытных замесов;
2. Приготовление опытных замесов, испытание контрольных образцов, обработку полученных результатов и корректировку состава бетона с учетом требуемой контрольной прочности;

Проверку приготовления назначенного состава в производственных условиях и расчет дозировок материалов на 1 замес [1].

Анализ литературных данных позволил принять решение о целесообразности получения жаростойкого бетона на основе использования в качестве заполнителя  $Al_2O_3$  (корунда), вяжущего в виде алюмо-фосфатной связки и корундовой добавки. Основываясь на высоких показателях вяжущего и заполнителя, для экспериментальных исследований был выбран следующий состав жаростойкого бетона.

Вяжущее – ортофосфорная кислота в составе алюмо-фосфатной связки согласно ГОСТ 10678. Жидкая алюмофосфатная связка (АФС) – концентрированные растворы гидроокиси алюминия в ортофосфорной кислоте. В качестве связки в них используют ортофосфорную кислоту или фосфаты, образующие окислы с высокой температурой плавления, имеющие огнеупорность 1700–1800 °С. Достаточную для расплавления прочность бетоны на алюмофосфатных связках приобретают при температуре 150–200 °С, а монтажную прочность - после нагревания до 300–400 °С. В связи с этим изделия из бетонов на фосфатных связках требуют соответствующей предварительной термообработки. Бетоны на фосфатных связках отличаются высокими огнеупорностью и температурой начала деформации под нагрузкой, большой механической прочностью и хорошей термостойкостью. АФС

получают при взаимодействии гидроксида алюминия и ортофосфорной кислоты по следующей реакции:  $Al(OH)_3 + 3H_3PO_4 = Al(H_2PO_4)_3 + 3H_2O - Q$ .

Разработан состав и технология приготовления АФС, производится в паробогрееваемом реакторе из нержавеющей стали поз.210/1. Количество материалов берется с таким расчетом, чтобы заполнение реактора составляло не более 80 % объема.

Расход материалов на 1 литр 77 % ортофосфорной кислоты:

- 1) гидроксид алюминия 0,33...0,35 кг;
- 2) вода хоз-питьевая 0,7...0,9 л.

В качестве заполнителя и наполнителя предлагается использовать корунд согласно ГОСТ 23037-78\*, ТУ 14-8-384-81. Корунд - амфотерный оксид алюминия  $Al_2O_3$  – твердый огнеупор, в природе распространён как глинозём, нестехиометрическая смесь оксидов алюминия, калия, натрия, магния и т. д. Огнеупорами называют материалы, изготавливаемые на основе минерального сырья и отличающиеся способностью сохранять без существенных нарушений свои функциональные свойства в разнообразных условиях службы при высоких температурах. Температура плавления природного корунда 2021–2024 °С, а синтетического 2050 °С. Корундовый наполнитель использовали из техногенных отходов цветной металлургии. Техногенными отходами многих производств являются шлаки восстановления, представляющие собой механическую смесь плавленного оксида алюминия (огнеупорный корунд) и некоторого количества восстановленных металлов. На территории Республики Казахстан к настоящему времени накоплено более 20 млрд. т. промышленных отходов, при ежегодном поступлении около 1 млрд. тонн. 95 % от общего объема добываемой руды попадают в отходы. Восточно-Казахстанской области находится на 2 месте по выработке техногенных отходов по данным Kazahst News 2014 года (рис. 1) [5].

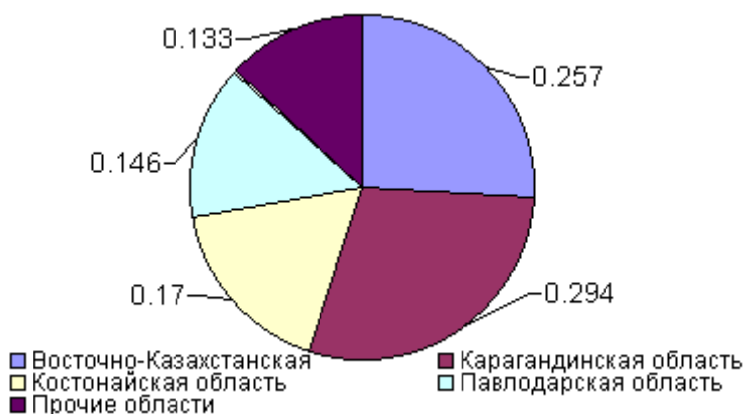


Рисунок 1. Размещение токсичных отходов по областям

В силу сложившейся ресурсно-сырьевой ориентации индустрии природопользования в Республике Казахстан, в год на душу населения добывается около 50 тонн различных веществ. По имеющимся оценкам ежегодно в Республике Казахстан образуется 200–400 тонн таких отходов. Вовлечение техногенных отходов в промышленные металлургические процессы является одной из важнейших экологических, экономических задач. В отвалах металлургических заводов Восточно-Казахстанской области находятся гранулированные техногенные отходы. Выше изложенное является предпосылкой для разработки составов и технологии жаростойких изделий на основе местного природного и техногенного сырья, что целесообразно с экономической и экологической точки зрения.

В этой связи имеет место перспективное направление, отвечающее повышению экономической и экологической эффективности и связанное с переработкой и утилизацией промышленных отходов. Практически создается совершенно новая отрасль экономики, без больших финансовых затрат, на основе уже имеющихся активов. Создание такой переработки будет иметь положительное воздействие на экономику, экологию, социальные аспекты, международный имидж Казахстана:

- улучшение состояния экологии в промышленных центрах;
- снижение влияния техногенных нагрузок на здоровье людей, увеличение продолжительности жизни населения;
- создание новых рабочих мест;
- привлечение современных мировых технологий, западных компаний владеющих соответствующим опытом;

- привлечение научного потенциала страны, развитие прикладной науки в производственных сферах, а также в области экологии, гигиены, профессиональной патологии;
- мировое позиционирование Казахстана, как экологически ответственного государства.

Это подтверждается посланием народу Президента Казахстана Н.А.Назарбаева – «Стратегия «Казахстан-2050»- новый политический курс состоявшегося государства» отметил, что одним из вызовов предстоящих десятилетий является истощаемость природных ресурсов. При этом Глава государства особо указал, что для дальнейшего успешного развития и процветания нашей страны необходимо переосмыслить отношение к природным богатствам. В Послании также указывается на важность внедрения экологически безопасных технологий: «Нет отходов - есть незавершенное производство».

Данное исследование актуально не только в Республике Казахстан, но и других странах СНГ и Европы.

В ходе экспериментальных исследований были получены опытные образцы, которые были проверены следующие показатели прочность бетона на сжатие, определение термостойкости бетона. Для получения достоверных данных при исследовании свойств жаростойкого бетона число опытов регламентировалось соответствующими ГОСТами [3].

В настоящее время экспериментальные исследования продолжаются и по окончании будут проведены технологические исследования в ведущих металлургических компаниях Восточно-Казахстанской области. После технологических исследований будет проведено технологическое опробование разработанного состава жаропрочного бетона на предприятиях области – АО «УМЗ», ТОО «Георгиевский Завод насосного оборудования», ТОО «Семипалатинский Литейно-Механический Завод», АО «УК ТМК». При получении положительных результатов промышленных испытаний будет разработана нормативная документация на состав жаростойкого бетона и освоено его промышленное производство на базе ТОО «Алтайская Магнитная Компания».

На сегодняшний день жаростойкие бетоны признаны одним из основополагающих и экономически выгодных строительных материалов. Таким образом, современное строительство немислимо без использования как бетонов в целом, так и в частности бетонов жаростойких, которые представляют собой отвечающий всем современным требованиям строительный материал. Состав и технология производства жаростойких бетонов продолжают совершенствоваться, появляются новые виды жаростойких бетонов, которые обладают уникальнейшими свойствами и характеристиками; расширяется сфера применения жаростойких бетонов, улучшается их качество. [4]. Это свидетельствует о том, что жаростойкие бетоны являются перспективным строительным материалом, который широко используется сейчас и будет использоваться в будущем.

### Список литературы

1. Справочное пособие к СНиП 3.09.01-85 и СНиП 3.03.01-87 «Технология изготовления жаростойких бетонов». – Москва : Стройиздат, 1991.
2. СНиП 2.03.04-84 «Бетонные и железобетонные конструкции, предназначенные для работы в условиях воздействия повышенных и высоких температур».
3. ГОСТ 20910-90 «Бетоны жаростойкие. Технические условия».
4. СНиП 3.09.01-85 и СНиП 3.03.01-87 «Технология изготовления жаростойких бетонов». – Москва : Стройиздат, 1991.
5. <http://www.inform.kz/rus/article/2620769>

# РАЗРАБОТКА ПОДОГРЕВАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОЙ ТЕХНИКИ, УПРАВЛЯЕМОЙ ПРОГРАММНЫМ КОНТРОЛЕРОМ

Д.М. Калицев, А.А. Кабанец, Р.Р. Мухамадеев

kalicev.david@mail.ru

*Научный руководитель: Кучеренко М.В., доц. каф. «НГД», ОмГТУ*

Мы разработали подогревательную систему, обеспечивающую свободную прокачиваемость дизельного топлива в топливных системах. Так же разработали программный контроллер, который будет управлять подогревательными процессами и отслеживать работоспособность подогревателей.

Ключевые слова – подогревательная система, контроллер, специализированная техника, дизельное топливо, температура.

## **Введение**

Так как мы живем в Западной Сибири с довольно суровыми зимами. Для России остается важной и актуальной проблема применения ГСМ на технике при низких температурах. Территория страны имеет большие регионы с продолжительными зимами, где хранение и эксплуатация техники проводится при низких температурах.

Для обеспечения готовности техники в этих условиях, необходимо чтобы применяемые топлива свободно прокачивались в топливных системах при низких температурах окружающего воздуха в данных климатических зонах.

Это тема затрагивает одну из самых актуальных проблем на сегодняшнее время – транспорт. Как известно, многие фирмы, работающие на севере и Сибири, имеют множество проблем с эксплуатацией специализированной техники из-за низких температур окружающей среды (от –45 до –64). Это связано с эксплуатацией транспортных средств, не предназначенных к данным климатическим условиям.

Основной целью нашей работы является разработать модель, на основе которой будет обеспечиваться эксплуатация транспортных средств на летних сортах дизельных топлив и масел в условиях низких температур.

Проведенные исследования:

- 1) низкотемпературных свойств дизельных топлив и масел;
- 2) факторов, влияющих на прокачиваемость дизельного топлива (температура и фильтры тонкой очистки);
- 3) конструкции системы подачи.

Планируемые исследования:

- 1) полной сборки подогревательной системы;
- 2) детального анализа износа автомобильных запчастей (при перепадах температуры) Объект исследования.

В данной научной работе проведен анализ низкотемпературных свойств дизельных топлив и масел, совершенствование устройства, обеспечивающего применение летних дизельных топлив и масел в условиях низких температур на специализированной технике.

## **Конструкция систем подачи**

Разработка системы обеспечения применения ДТ и масел в условиях низких температур:

- Исходные данные для разработки системы.
- Измерение и регулирование температур.
- Промышленные виды позисторов, осуществляющие измерение и регулирование температур.
- Разработка системы и проведение стендовых испытаний.
- Расчет технико-экономического анализа.

При низких температурах происходит парафинизация дизельного топлива, затрудняющую работу всей топливной системы. Самыми уязвимыми местами автомобиля является фильтр тонкой очистки, топливная магистраль и топливный бак. Подогрев дизельного топлива в зимний период позволяет уменьшить вязкость, предотвратить парафинизацию в топливной системе двигателя автомобиля. Способы уменьшения кристаллизации и их недостатки представлены в таблице 1.

Таблица 1. Анализ способов уменьшения кристаллизации

Способы	Минусы данного подогрева
Обогрев паром (подводится паротвод)	1. После подогрева происходит обледенения подогреваемых элементов. 2. Кратковременный подогрев
Котел подогрева устанавливается в бак (основная заводская установка)	1. При этом замерзают фильтра грубой и тонкой очистки. 2. Возникает проблема прокачиваемости дизельного топлива
Через топливный бак пропускается выхлопная труба	1. Машина должна работать на постоянной. Увеличивается износ деталей машины. 2. Большие экономические затраты
Добавление реагентов	1. Большинство машин не предназначены к нестабильному химическому составу. Увеличение износа деталей машин. 2. Большие экономические затраты

В качестве примера для установки подогревательной системы рассмотрим специализированное транспортное средство УРАЛ. На котором был установлен бандажный подогреватель топливного фильтра (ПБ-101,12-24В), существующий в двух вариациях, мощностью 12В и 24В (в зависимости от размера фильтра), то есть чем больше габаритные размеры фильтра, тем больше должна быть мощность. Так же на транспортном средстве был установлен подогрев топливной системы [подогреватели проточные и ленточный по всей длине магистрали (ПП-202)], в топливном баке данного транспортного средства был установлен подогреваемый топливозаборник (ТП-302), обеспечивающий подогрев ДТ на начальном уровне.

Был установлен подогрев фильтров сепараторов (ПС-201). Эта установка дает возможность улавливать загрязнения ДТ на начальном этапе движения.

Для каждого из подогревательных элементов была составлена характеристика. По ней мы отобрали оптимально эффективные подогревательные элементы. Рассмотрим один из подогревательных элементов.

Подогреватели НОМАКОН™ ПД-200 устанавливаются между посадочной головкой двигателя и корпусом топливного фильтра и подключаются к бортовой электросети автомобиля. В случае ручного управления выключатель с индикацией устанавливается в кабине водителя.

Подогреватель сохраняет работоспособность при изменении напряжения питания в пределах 85–125 % от номинального напряжения. Срок службы подогревателя не менее 5 лет, средняя наработка на отказ не менее 3000 ч.

В зависимости от температуры окружающей среды рекомендуемая длительность предпускового разогрева фильтра от аккумулятора составляет 5–10 минут. В режиме маршевого разогрева при работающем двигателе ориентировочно потребуются одна минута для повышения на 1 градус температуры дизельного топлива. Планируем создание программного контроллера. Основные возможности контроллера: 1) Отслеживание работоспособности подогревательных элементов; 2) Ручное и автоматическое управление подогревательными процессами; 3) Автономная работа при заглушенном двигателе.

#### Экономическая выгода

По трудовому кодексу РФ рабочий день должен быть 8 часов. Остальное время машины работают на холостом ходу. Из расчета, что транспортное средство Урал на холостом ходу использует 10 литров за 1 час, при этом работая 16 часов. Из этого следует, что за 16 часов сгорит 160 литров. Возьмем среднюю стоимость 1 литра зимнего ДТ за 33 руб/л. Получается за 16 часов – 5280 рублей. Без учета движение автомобиля во время работы. За месяц (30 дней) – 158 400 рублей и это без учета движения. Так же вследствие постоянной работы увеличивается износ рабочих частей двигателя. Из-за того, что двигатель постоянно находится в рабочем режиме нуждается в постоянной поддержке уровня моторного масла и охлаждающей жидкости (тосол).

Средняя стоимость автоматической подогревательной системы – от 27 000 до 34 000 рублей. С подогревательной системой подогрев дт осуществляется в автономном режиме, за счет электроэнергии аккумулятора без расхода ДТ. С подогревательной системой целесообразней использовать летний сорт ДТ (цена за 1л – 29рублей.), т. к система в автоматическом режиме поддерживает температуру ДТ. Подогревательная система полностью окупит себя за 6–7 суток.

Таблица 2. Расчеты стоимости системы

Система	Вид топлива	Расход за 16 часов	Цена за литр	Затраты
Подогревательная	Зимнее/летнее	–	Зимняя – 33 руб Летняя – 29 руб	Стоимость установки 27–34тыс. руб
Без подогревательная	Зимнее/летнее	160 л	Зимняя – 33 руб Летняя – 29 руб	За 16 часов – 4800 руб

#### Список литературы

1. Computer Science and Automation Engineering (CSAE), 2011 IEEE International Conference on (Volume: 2), 582–585 p. (2011).
2. Electrical Engineers, Journal of the Institution of (Volume: 72, Issue: 436 ), 269–295 p. (1933).
3. Critoph, R.E, Physical Science, Measurement and Instrumentation, Management and Education – Reviews, IEE Proceedings A (Volume:127 , Issue: 5 ), 326–329 p. ( 1980).
4. Воробьев Л. А., Стриха И. И. Эффективное использование топливно-энергетических ресурсов в жилищно-коммунальном хозяйстве БССР. 1987. – 74 с.



# СИНТЕЗ ЭФФЕКТИВНОГО СОРБЕНТА НА ОСНОВЕ ОТХОДОВ СТЕКЛА

А.А. Кобякова

alinka\_kobyakova@mail.ru

*Научный руководитель: Казьмина О.В., д.т.н., профессор ТСН,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Актуальность очистки сточных вод обусловлена необходимостью решения одной из наиболее важных экологических проблем. В данной работе предлагается решение вопроса разработки сорбентов для очистки сточных вод, полученных на основе такого распространенного вида твердых отходов как стеклобой. Выбор тоберморитового сорбента основан на том, что дисперсные гидросиликаты кальция имеют высокоразвитую поверхность и особенность структуры, которая позволяет рассматривать их в качестве эффективных экологически безопасных сорбентов.

**Цель работы** – синтез тоберморитового сорбента на основе отходов лампового и листового стекла и оценка его эффективности для очистки вод от ионов тяжелых металлов (меди, цинка, никеля).

Для достижения цели были поставлены задачи:

- Синтезировать тоберморит из смеси на основе отходов листового стекла гидротермальным (автоклавым и безавтоклавым) и механохимическим способами.
- Исследовать физико-химические характеристики полученных сорбентов.
- Провести сравнительный анализ методов синтеза тоберморита.

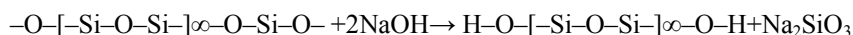
Тоберморитовая группа является представителем цепочечных силикатов, минерал относится к низкоосновным силикатам кальция с общей формулой  $\text{Ca}_5\text{Si}_6\text{O}_{16}(\text{OH})_2\text{nH}_2\text{O}$  (где n меняется от двух до восьми молекул). В природе данный силикат образуется в результате метаморфизма карбонатных пород и обычно имеет белый или светло-розовый оттенок, полупрозрачный с шелковистым блеском [1]. Тобермориты имеют слоистое строение и отличаются друг от друга количеством межслоевой воды и межслоевыми расстояниями: тоберморит 14 Å (пломбьерит), тоберморит 11,3 Å, тоберморит 9,3 Å (риверсайдит). Искусственный аналог тоберморита синтезируется при взаимодействии портландцемента с водой и играет важную роль в процессе схватывания цемента, также его можно получать на основе различных видов отходов [2–4]. Молекулярная модель тоберморита представлена слоями бесконечных цепочек тетраэдрических группировок  $[\text{SiO}_4]^{4-}$ , которые, соединяясь между собой, чередуются со слоями оксида кальция, выстраиваясь в упорядоченную структуру. В свободных полостях структуры располагаются молекулы воды. Отличительной особенностью синтетических гидросиликатов кальция от природных являются следующие факторы: регулируемая степень дисперсности, однородность по составу и строению, низкое содержание примесей. Особенность структуры минерала позволяет использовать его в качестве ионообменного материала. Высокоразвитая поверхность дисперсных порошков гидросиликатов делает их эффективными экологически безопасными сорбентами различных веществ.

По результатам ранее проведенных исследований установлен компонентный состав смеси для получения тоберморита на основе отходов лампового стекла. Состав включает (мас. %): отходы лампового стекла в количестве 54,4–54,5; гашеную известь 38,5–42,4 и гидроксид натрия 2,0–3,3, а также железосодержащий шлам – 5 [8–9]. Дальнейшие исследования направлены на определение наиболее оптимального и экономичного метода синтеза гидросиликатов кальция. Из-за отсутствия отдельного сбора отходов стекла, отличающихся по химическому составу и цвету, в работе использована шихта как в виде смеси лампового и листового стекла, так и отдельных видов стеклобоя. Предварительно подготовленные смеси прессовались в виде таблеток диаметром 35 мм. Оценка синтезированного тоберморита проводилась по данным рентгенофазового анализа.

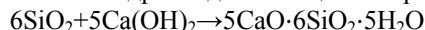
При использовании *гидротермального автоклавного синтеза* из сырьевой смеси прессовались таблетки ( $d = 30 \text{ mm}$ ), которые проходили автоклавную обработку в течение пяти часов при температуре 190°C и давлении 10 атм. Данные параметры автоклавирования предварительно подобраны экспериментально [5–8].

Химические процессы, протекающие при термообработке, можно представить в следующем виде:

1. На первой стадии щелочного взаимодействия происходит разрыв кремнекислородного каркаса стекла, в результате чего стекло разрушается.



2. На второй стадии синтеза гидросиликатов кальция в первую очередь происходит взаимодействие активного кремнезема стекла с гидроксидом кальция и образование тоберморита.



По результатам рентгенофазового анализа установлено образование низкоосновных гидросиликатов кальция, что было дополнительно подтверждено результатами дифференциально-термического анализа. На термограмме образца наблюдаются три эндозффекта, связанные со следующими процессами: 90–113 °С – дегидратация низкоосновных гидросиликатов кальция; 440–455 °С – разложение  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ ; 670–714 °С – разложение мелкодисперсного  $\text{CaCO}_3$ . Пик, связанный с разложением  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , практически отсутствует (рис. 1). Это указывает на то, что весь гидроксид кальция вступил во взаимодействие с образованием гидросиликатов кальция, что подтверждается данными РФА (рис. 2). Также на термограмме образца наблюдается экзоэффект 700–750 °С, указывающий на кристаллизацию волластонита из минералов тоберморитовой группы.

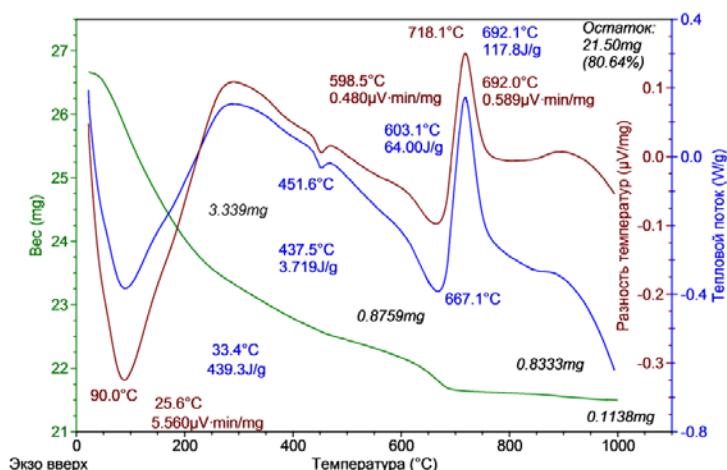


Рисунок 1. Термограмма образца, синтезированного автоклавным способом

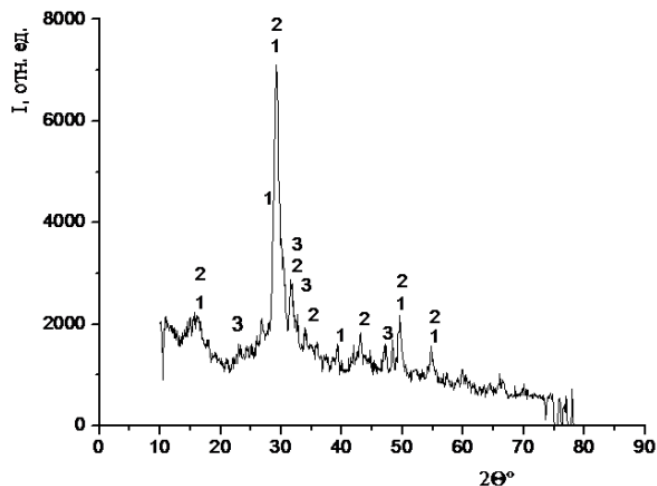


Рисунок 2. Рентгенограмма образца, полученного автоклавным способом:  
1-тоберморит ( $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ ); 2-пломбьерит ( $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ ); 3-риверсайдит ( $5\text{CaO} \cdot 6\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ );  
4- кальцийнатриевый гидросиликат ( $\text{Na}_2\text{Ca}_2\text{Si}_2\text{O}_7 \cdot \text{H}_2\text{O}$ )

При использовании гидротермального безавтоклавного синтеза подготовленную шихту смешивали с дистиллированной водой (т/ж~1/3). Химический процесс проходил при нормальном атмосферном давлении и температуре 90 °С в течение 2 часов, с последующим выпариванием химически несвязанной воды. Сушка осадка проходила при температуре 120–130 °С продолжительностью два часа. Условия синтеза были подобраны путем изучения существующих на данный момент методов синтеза низкоосновных гидросиликатов кальция [9]. Согласно рентгенограмме в составе образца

не обнаружено тоберморита, но были обнаружены пики, соответствующие непрореагировавшему гидроксиду кальция. Для применения данного метода синтеза требуется проведение дополнительных исследований.

При использовании механохимического метода синтез тоберморита осуществлялся путем активации суспензии (т/ж~1/1) в планетарной мельнице (Pulverisette-6). Продолжительность процесса при частоте вращения 450 об/мин составила сорок минут. Механическая активация была выбрана как более выгодный с экономической точки зрения способ синтеза, так как он способствует ускорению протекания синтеза при отсутствии автоклавной обработки смеси [10]. По результатам проведенного рентгенофазового анализа на рентгенограмме образца присутствовали пики, относящиеся к минералам тоберморитовой группы. Однако наиболее интенсивные пики свидетельствовали о наличии непрореагировавшего компонента –  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ . Таким образом, данный способ позволяет синтезировать тоберморит, но требуется проведение дополнительных исследований по определению оптимального режима синтеза.

### Выводы

1. Установлена принципиальная возможность синтеза тоберморитовых сорбентов, пригодных для очистки сточных вод от ионов тяжелых металлов, на основе отходов листового стекла, что делает возможным проведение синтеза из отходов силикатного стекла различного вида;
2. Проведение гидротермального безавтоклавного синтеза является нецелесообразным из-за отсутствия на рентгенограмме пиков, соответствующих низкоосновным гидросиликатам кальция;
3. Синтез минералов тоберморитовой группы механохимическим способом требует подбора наиболее оптимальных условий из-за невысокой интенсивности пиков, соответствующих синтезируемому соединению;
4. Сравнительный анализ способов синтеза тоберморита автоклавным, гидротермальным и механохимическим методом по результатам рентгенофазового анализа показал, что эффективный сорбент тоберморитовой группы для очистки сточных вод можно получить только путем автоклавной обработки исходной смеси разработанного состава;

### Список литературы

1. Либау Ф. Структурная химия силикатов / Ф. Либау. – Москва : Мир, 1988. – 416 с.
2. Coleman N.J. Interactions of Cd (II) with waste\_derived 11 C tobermorites // Separation and Purification Technology. – 2006. – V. 48. – P. 62–70.
3. Reinik J., Heinmaa I., Mikkola J.P., Kirso U. Hydrothermal alkaline treatment of oil shale ash for synthesis of tobermorites // Fuel. – 2007. – V. 86. – P. 669–676.
4. Coleman N.J., Trice C.J., Nicholson J.W. 11 C tobermorite from cement bypass dust and waste container glass: a feasibility study // Int. J. Miner. Process. – 2009. – V. 93. – P. 73–78.
5. Боженов П.И. Технология автоклавных материалов / П.И. Боженов. – Ленинград : Стройиздат, 1978. – 368 с.
6. Способ получения сорбента на основе смешанных гидроксидов металлов. пат. Рос. Федерация № 2060814; заявл. 09.02.1993; опубл. 27.05.1996; Бюл. № 17. – 3 с.
7. Лебедева Е.Ю., Казьмина О.В. Синтез тоберморита на основе промышленного стеклобоя. Перспективы развития фундаментальных наук: Труды IX Междунар. конф. студентов и молодых учёных. – Томск, 2012. – С. 420–422.
8. Лебедева Е.Ю., Кобякова А.А., Усова Н.Т., Казьмина О.В. Синтез тоберморитового адсорбента для очистки воды // Известия Томского политехнического университета. – 2014. – Том 324, № 3. – С. 137–141.
9. Акатьева Л.В. Развитие химико-технологических основ процессов переработки сырья для получения силикатов кальция и композиционных материалов : дис...док. тех. наук. – М., 2014. – 328 с.
10. Способ получения сорбента на основе смешанных гидроксидов металлов. Пат. Рос. Федерация № 2060814; заявл. 09.02.1993; опубл. 27.05.1996; Бюл. № 17. – 3 с.

# ИНФОРМАЦИОННЫЕ СРЕДСТВА МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ СИСТЕМ

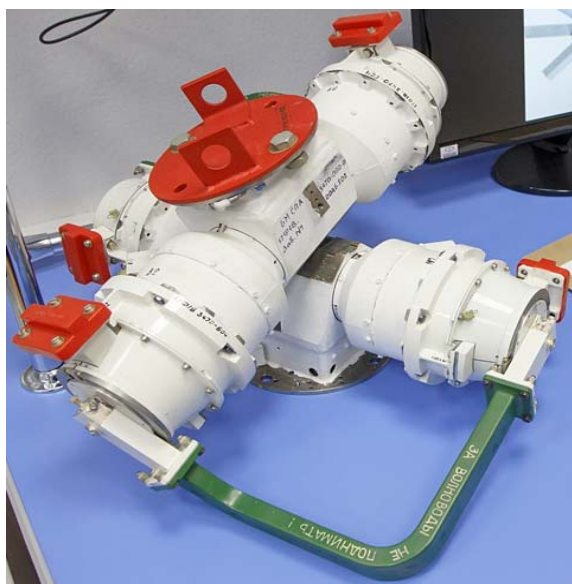
И.А. Кремлёв

ivankremlyov@mail.ru

*Научный руководитель: Леонов С.В., к.т.н., доцент кафедры ИКСУ,  
Томский политехнический университет*

Современное развитие прецизионные системы и устройства начали в конце 70-х годов XX-го века одновременно с созданием космического аппарата «Луч», на котором требовалось одновременное и независимое наведение четырех антенн, две из которых являлись крупногабаритными. Здесь были впервые в отрасли реализованы принципы цифрового управления, впервые были созданы приборы, входными сигналами которых являлись коды скоростей, а выходными – коды текущих углов поворота [1]. Для того, чтобы рассчитать и проанализировать прецизионные системы, не обойтись без современных технологий.

В настоящее время для расчета параметров электромагнитных полей двигателей и приводов используются специальные программные комплексы. Одним из мощнейших инструментов является программа Maxwell от компании Ansys. ANSYS Maxwell – это ведущее программное обеспечение для моделирования двумерных и трехмерных электромагнитных полей, используемое для исследования и проектирования двумерных и трехмерных моделей, датчиков, трансформаторов, двигателей и других электромеханических и электрических устройств различного применения. Она базируется на методе конечных элементов (Finite Element Method – FEM) и точно рассчитывает гармонические, а также статические электрические и электромагнитные поля и переходные процессы в полевых задачах [2].



*Рисунок 1. Синхронный двигатель с электромагнитной редукцией скорости*

Предметом исследования данной статьи стал синхронный двигатель с электромагнитной редукцией скорости (Рис.1), который используется в прецизионных космических аппаратах. Для исследования динамических режимов работы такого класса электромеханических устройств, нельзя обойтись без использования специализированного программного обеспечения, которое обладает возможностями моделирования магнитных полей и расчетом его интегральных характеристик.

Главной задачей работы является электромагнитный анализ двигателя, который может быть успешно выполнен с использованием возможностей дополнения RMXprt. Оно позволяет ускорить процесс оптимизации модели и дает возможность более точного описания всевозможных особенностей геометрии зубцовой зоны. Зачастую вопрос исследования магнитных полей различных устройств бывает затруднен задачей точного описания геометрических свойств магнитной системы.

Для описания геометрии магнитной системы имеется возможность использования САД-приложений, а значит, модель может быть выполнена в любой системе автоматизированного проектирования, например в Autodesk Inventor или SolidWorks.

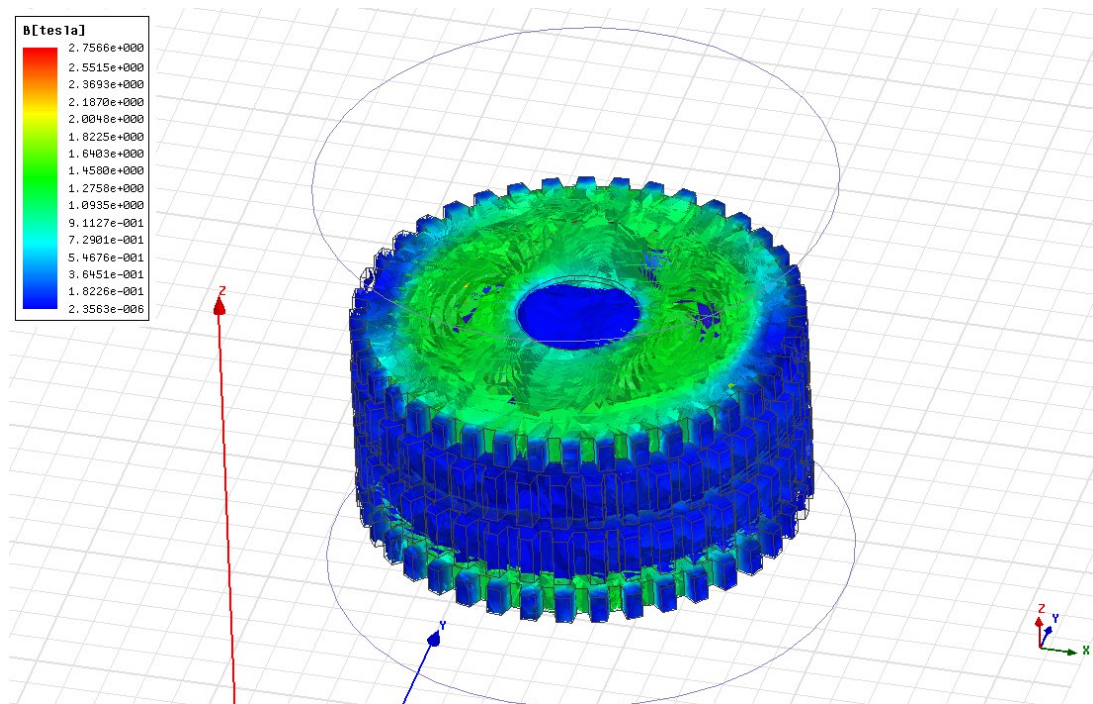


Рисунок 2. Картина электромагнитного поля

Затем для расчета параметров двигателя были назначены свойства материалов всех твердотельных объектов магнитной системы. Практическим путем установлено, что некорректный подбор материалов значительно искажает картину электромагнитного поля. После анализа влияния геометрических характеристик электродвигателя на его внешние статические характеристики, были определены варианты наиболее эффективного исполнения зубцовой зоны с позиции снижения пульсаций электромагнитного момента.

Немаловажной задачей является синтез оптимальных соотношений размеров и параметров по заданным выходным характеристикам электромеханических систем. С одной стороны – это диктуется дороговизной и дефицитностью используемых материалов, что стимулирует выполнение электромеханических преобразователей энергии с минимальными затратами этих материалов при условии достижения достаточно высоких удельных и энергетических показателей. С другой стороны – непрерывно разрабатываются принципиально новые конструкции, подлежащие детальному исследованию. Например, при проектировании магнитных систем с концентрацией магнитного потока нарушается, как правило, привычная схема инженерного проектирования [3].

Проект электромеханической системы с постоянными магнитами однозначно и полностью определяется совокупностью большого количества данных: конструктивными размерами и обмоточными данными; активными, изоляционными и конструкционными характеристиками материалов; а также напряжениями, токами, частотой вращения и др.

Обзор применения поисковых методов оптимизации показывает, что большинство из них так или иначе уже апробировано в проектировании. Однако сравнительные оценки затруднены из-за использования их в разработке различных типов электромеханических преобразователей для различных функций цели и ограничений. И все же можно отметить, что если критерий оптимальности задан не в явном виде, наиболее пригодны безградиентные методы.

Для большинства применений постоянных магнитов в составе электромеханических устройств, актуальным с точки зрения энергоэффективности является вопрос их размещения и крепления в подвижных и неподвижных элементах магнитной системы [4]. При этом максимальных значений энергетических характеристик добиваются минимизацией магнитных сопротивлений воздушных зазоров, т.е. расположением, формой и креплением постоянных магнитов. Известно, что наилучший магнитный поток в воздушном зазоре может обеспечить радиально расположенный призматический

постоянный магнит. Однако крепление постоянного магнита данной формы не надежно, без применения обечайки, каркаса или болтовых соединений. В связи с этим, было выполнено сравнение потоков рассеяния нескольких призматических магнитов с разным исполнением боковой поверхности для целей наиболее надежного крепления. Если основной магнитный поток магнита принять за 100 %, то величина потока в остальных случаях будет 98, 96 и 95 % соответственно при условии, что ширина магнита много больше его толщины. Сохранить величину магнитного потока с обеспечением надежного крепления магнита предлагается путем использования паза в боковой поверхности.

#### Список литературы

1. Курбатов Е.М. Современное состояние прецизионных электромеханических систем и устройств разработки и производства ОАО «ИСС». // Форум школьников, студентов, аспирантов и молодых ученых с международным участием «Космическое приборостроение». – Томск, 2013. – Т. 1. – С. 40-41.
2. Кремлёв И.А., Гилев В.А., Зеленин М.В. Моделирование синхронного двигателя с электромагнитной редукцией скорости в Ansys Maxwell. // III Молодежный международный форум «Интеллектуальные энергосистемы». – Томск, 2015. – Т. 2. – С. 211–214.
3. Леонов С.В., Жиганов А.Н., Кербель Б.М., Фёдоров Д.Ф., Макасеев Ю.Н., Кремлёв И.А. Анализ влияния геометрии постоянных магнитов на энергоэффективность электромеханических систем // Известия высших учебных заведений. Физика. – 2016. – Т. 59. – № 2. – С. 126–130.
4. Леонов С.В. Вопросы моделирования магнитного поля электромеханических систем с постоянными магнитами // Решетневские чтения. – 2011. – Т. 2. – № 15. – С. 463–465.

## ПРАКТИЧЕСКИЕ ВОПРОСЫ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

А.С. Ломова

slot5555@mail.ru

*Научный руководитель: Сегеда Т.А., кандидат физико-математических наук, доцент кафедры «Энергетика и техническая физика» ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск, Казахстан*

ВКГТУ им. Д. Серикбаева получил уникальную возможность благодаря заключенному пятистороннему договору о взаимном сотрудничестве между вузом, акиматом города Усть-Каменогорска, ГУ «Управление энергетики и ЖКХ ВКО», «Казахстанской программой USAID по сдерживанию изменения климата» и Группой компаний AES в Казахстане принять участие в проекте совершенствования специализированных обучающих программ для подготовки нового поколения профессионалов в области энергосбережения [1]. Программа поддерживает правительство и деловое сообщество Казахстана в реализации политики и мер по сокращению выбросов парниковых газов на проектном, корпоративном и национальном уровнях. В республике энергосбережение и повышение энергоэффективности всех отраслей хозяйства является в настоящее время приоритетной задачей, которая позволит решить комплекс проблем: энергетических, экологических и экономических. Без решения этой задачи неизбежно будет сдерживаться развитие страны. Главой государства в области энергосбережения поставлена задача по снижению энергоемкости внутреннего валового продукта не менее чем на 25 % к 2020 году. Президентом РК 13 января 2012 года был подписан закон «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности» [2].

В результате участия в данном проекте было произведено энергетическое обследование по потреблению энергоресурсов пилотного предприятия города Усть-Каменогорск АО «Усть-Каменогорский арматурный завод» (АО «УКАЗ»). Предприятие специализируется на производстве и поставке запорной арматуры и нефтепромыслового оборудования.

Основной целью энергетического обследования являлось получение объективных данных об объеме используемых энергетических ресурсов, определение показателей энергетической эффективности, определение потенциала энергосбережения и повышения энергетической эффективности, разработка перечня организационных и технических мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности и проведение их стоимостной оценки.

Программа экспресс-энергообследования началась 02 июля 2015г. с обучающего двухдневного семинара, затем были проведены инструментальные обследования и сбор статистических данных предприятия. Во время семинара были выданы учебные пособия, предназначенные для расчета энергосберегающих мероприятий [3]. На этапе проведения экспресс-энергоаудита предприятия АО «УКАЗ» в течение определенного периода проводилось обсуждение первичной информации, полученной от предприятия, и распределение заданий для дальнейшей работы. Основными задачами такой работы являлись: разработка и заполнение опросных листов, ознакомление с предприятием, изучение технологической цепочки изготовления заказов, проведение совещаний и интервью с руководством и инженерно-техническим персоналом предприятия, проведение визуального осмотра и оценка технического состояния основного и вспомогательного оборудования, зданий и сооружений, систем топливо-, тепло-, водо-, электроснабжения и снабжения сжатым воздухом, разработка и упрощенная технико-экономическая оценка мероприятий по энергосбережению, а также составление отчета по результатам проведения энергетического экспресс-аудита. В результате двухмесячной обработки собранных данных командой в составе экспертов, тренеров и обучающихся составлен отчет, включающий 113 страниц, 55 таблиц, 53 рисунка и 8 приложений. В приложениях к отчету приведены результаты тепловизионной съемки оборудования, подробные расчеты, а также другой информационный материал. В отчете использованы данные, полученные:

- из опросного листа, предложенного исполнителем и заполненного работниками предприятия, содержащего информацию по техническим параметрам систем энергоснабжения, структурной схеме предприятия, некоторым финансовым показателям и статистике энергопотребления за последние пять лет;
- копий документов, не содержащих сведения конфиденциального характера;
- проектной и эксплуатационной документации;



- результатов визуального осмотра энергетического хозяйства, объектов и сооружений предприятия;
- тепловизионных, температурных, световых замеров;
- собеседования с персоналом предприятия.

Во время проведения сбора данных на предприятии был проведен инструментальный энергоаудит. Посредством приборов, применяемых в процессе энергоаудита, участниками команды были произведены замеры, что позволило получить каждому практически навыки. Тепловизор Flir E-40 использовался для измерения поля температур при обследовании здания и оборудования с целью определения теплового режима эксплуатации оборудования. Трехфазным анализатором качества электроэнергии проведены измерения показателей качества электроэнергии. Инфракрасный термометр «Кельвин» применялся для бесконтактного измерения температуры поверхностей от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+600\text{ }^{\circ}\text{C}$  в труднодоступных местах, а также движущихся, находящихся под высоким напряжением и химически агрессивных средах. Прибором «Люксметр ТКА-Люкс» производились замеры уровня освещенности бытовых и производственных помещений.

Расчетным методом была определена доля энергоресурсов к стоимости продукции АО «УКАЗ», затраты на энергоресурсы составили 5 % от общей стоимости выпускаемой продукции.

На территории АО «УКАЗ» установлены однострансформаторные подстанции. Для анализа показателей качества потребляемой электроэнергии отдельными наиболее энергоемкими потребителями использовались данные по активной и реактивной мощности, коэффициенту мощности, фазным и линейным напряжениям, частоте и другим электрическим параметрам, полученным посредством проведения выборочных замеров регистратором электрических параметров. Нормы качества электрической энергии, устанавливаемые ГОСТ 13109-97 «Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения», являются уровнями электромагнитной совместимости для кондуктивных электромагнитных помех в системах электроснабжения общего назначения. При соблюдении указанных норм обеспечивается электромагнитная совместимость электрических сетей систем электроснабжения общего назначения и электрических сетей потребителей электрической энергии. Практически все измеренные и обработанные значения показателей качества электрической энергии удовлетворяют нормам качества электрической энергии согласно ГОСТ 13109-97.

В котельной завода размещены два водогрейных котла, подключенных к трубопроводам закрытой системы теплоснабжения, и вспомогательное оборудование. Для определения потребления топливно-энергетических ресурсов, а именно - дизельного топлива в котельной, – производился анализ расхода дизельного топлива в зависимости от средней температуры наружного воздуха за смену в отопительный период на ретроспективу 5 лет.

В системе снабжения сжатым воздухом установлены компрессоры: винтовые и поршневые. На предприятии установлены насосы: с протеканием холодной воды, горячей воды и для перекачки воды на градирню.

Для анализа потребления энергоресурсов составлялись годовые балансы с помощью расчетного метода. Итоговые результаты представлены в виде годового баланса электропотребления группами электрических приемников. Составленный баланс потребления электроэнергии АО «УКАЗ» показывает, что основная доля потребляемой электроэнергии расходуется на работу станков (26,75 %), электропечей (22,68 %), а также сварочных автоматов (8,85 %). Баланс прихода тепловой энергии АО «УКАЗ», показывает, что основная доля тепловой энергии покрывается от собственной котельной (30,49 %), от электроводонагревателей (5,39 %) и парогенераторов (2,16 %). Также выделяется тепловая энергия от работающего оборудования, большую часть этой составляющей выделяют установленные на предприятии электрические печи (23,82 %) и сварочные аппараты (9,21 %), прочее оборудование и прочие тепловые потоки (28,94 %) [4]. Баланс расхода тепловой энергии АО «УКАЗ», показывает, что основная доля потребляемой тепловой энергии расходуется на отопление (91,49 %), горячее водоснабжение (6,87 %), и потери в тепловых сетях (1,64 %) [5].

Для повышения энергоэффективности АО «УКАЗ» предложено внедрить следующие первоочередные организационные меры:

- внедрение системы менеджмента на базе стандарта ISO 50001, предполагаемая экономия энергоресурсов от внедрения данного мероприятия составит до 1,0 %;
- создание и использование стимулирующих механизмов при внедрении мероприятий по энергосбережению, предполагаемая экономия энергоресурсов составит до 0,5 %;
- создание и ведение базы энергоэффективных технологий и оборудования, предполагаемая экономия энергоресурсов от внедрения данного мероприятия составит до 0,1 %;



- информационно-просветительская и консультационная деятельность, предполагаемая экономия энергоресурсов от внедрения данного мероприятия составит до 0,25 %.

На основе проведенного энергообследования и собранных данных разработаны и предложены технические мероприятия по повышению энергоэффективности:

1. Подключение к общей тепловой сети. Данное мероприятие является одним из главных, направленных на сокращение потребления энергоресурсов. В качестве топливно-энергетического ресурса для котельной используется дизельное топливо, что является экономически невыгодным из-за растущих цен на нефтепродукты. Присоединение будет производиться от участка квартальной тепловой сети, принадлежащего АО «Усть-Каменогорские Тепловые сети» [6]. Срок окупаемости 7,5 лет.

2. Освещение в термическом отделении выполнено источниками света ДРЛ-700 общей установленной мощностью 7 кВт. Фактическая освещенность в данном отделении составляет 200 лк, необходимо обеспечить освещенность не менее 300 лк по нормам освещенности. Были произведены расчеты по замене существующих светильников на энергоэффективные источники света, такие как: светильники ДНаТ-400, СС-430-60 и промышленный индукционный светильник 03-028. Самым выгодным с экономической и технической точки зрения вариантом оказались светильники ДНаТ-400. Экономия в тоннах условного топлива 0,967. Срок окупаемости 0,7 года.

3. Подобраны частотно регулирующие устройства на различные виды оборудования АО «УКАЗ». Экономия энергоресурсов в тоннах условного топлива - 31,483. Срок окупаемости 4,7 лет.

4. Гидродинамическая промывка труб: по стоимости более чем в 2 раза дешевле замены оборудования, причем позволяет добиться впечатляющих результатов по восстановлению энергоэффективности системы. Экономия в тоннах условного топлива 0,298. Срок окупаемости 4,8 года.

5. Установка доводчиков наружных дверей для автоматического их закрытия. Экономия в тоннах условного топлива 0,162. Срок окупаемости 1 год.

Результаты упрощенной технико-экономической оценки указанных мероприятий по энергосбережению показали, что простой срок окупаемости указанных мероприятий не превышает 7,5 лет. Итоговый потенциал энергосбережения от внедрения предложенных организационных мер может составить до 1,85 %. Общий потенциал энергосбережения от внедрения технических и организационных мероприятий может составить более 20 %.

Для анализа теплового режима эксплуатации электрооборудования было произведено тепловизионное обследование трансформаторной подстанции. Согласно «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» нагрев наведенным током конструкций, находящихся вблизи токоведущих частей, по которым протекает ток, и доступных для прикосновения обслуживающего персонала, не должен превышать 50°C. Согласно изображениям, полученным при помощи тепловизора в ходе инструментального энергоаудита, вблизи токоведущих проводов температура составляла 29,2°C, что подтверждает соответствие правилам [7]. Температура воздуха в помещении трансформаторной подстанции должна поддерживаться в пределах (10–35) °С. Согласно тепловизионной фотосъемке температура окружающей среды не превышала норм и составляла 25,1°C [7]. При энергообследовании в термическом цехе была проведена тепловизионная съемка шахтной электрической печи сопротивления. Согласно «Правил технической эксплуатации электроустановок потребителей» температура наружной поверхности кожуха электропечи должна быть не выше значений, установленных инструкцией по эксплуатации завода-изготовителя. Состояние нагревательных элементов должно проверяться в соответствии с инструкцией по эксплуатации завода-изготовителя с учетом местных условий. Результатам тепловизионного обследования электрической печи сопротивления следующие: кожух печи находился в закрытом состоянии, поверх кожуха печи установилась температура больше 1500 °С, из чего следует, что теплоизоляция крышки печи такова, что происходят большое выделение тепла в окружающую среду. Окружающая среда должна быть невзрывоопасная, не содержащая агрессивные газы, пары и пыль в концентрациях, вредно действующих на металл и электрическую изоляцию электропечи. Визуальное обследование подтвердило выполнение данного требования.

15 октября 2015г. в ВКГТУ им. Д. Серикбаева состоялась международная конференция «Практические подходы к внедрению систем энергетического мониторинга и менеджмента в бюджетной сфере и промышленности», где обсуждались вопросы, связанные с системой энергоменеджмента и энергосбережением [8].

16 октября 2015г. состоялась защита отчета на предприятии АО «УКАЗ» и двух других пилотных предприятиях г. Усть-Каменогорска в рамках выполняемого проекта: ТОО «Айтас-Энерго» и ТОО «AES Усть-Каменогорская ТЭЦ». Презентация на предприятии АО «УКАЗ» состояла из ос-

новых аспектов отчета, каждый слайд описывал определенный этап проведенных энергетических обследований и расчетов, участники команды отвечали на задаваемые вопросы энергетиков предприятия, для которых проведенное энергообследование, обработанная информация и предложенные мероприятия по повышению энергоэффективности стали практически ценным итогом совместной работы. Результатами проекта, в котором получили возможность участвовать преподаватели и обучающиеся, стали также неоценимый опыт и практические знания. Студенты ознакомились с многочисленными методами уменьшения потребления энергетических ресурсов, научились производить разнообразные расчеты, связанные с тепло-, водо- и электроснабжением промышленного предприятия, а также производить измерения с помощью тепловизора, люксметра, анализатора качества электроэнергии, рассчитывать экономические показатели разработанных энергосберегающих мероприятий.

### Список литературы

1. Электронный сайт: <http://www.ektu.kz/newsevents/memorandumofcooperation-.aspx>.
2. Закон Республики Казахстан от 13 января 2012 года № 541-IV «Об энергосбережении и повышении энергоэффективности».
3. Электронный сайт: <http://kazccmp.org>.
4. Строительные нормы и правила. СНиП 11-35-76 часть 11 глава 35. Котельные установки / Госстрой СССР. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1980.
5. Строительная климатология СНиП РК 2.04-01-2010.
6. Строительные нормы и правила. СНиП 2.10-73\* (11-36-73\*). Тепловые сети. Нормы проектирования/Госстрой СССР. – Москва : ЦИТП Госстроя СССР, 1985. – 52 с.
7. Правила технической эксплуатации электроустановок потребителей. Министерство РФ, 2003;
8. Электронный сайт: <http://www.ektu.kz/newsevents/economyandecology.aspx>.

# ЭФФЕКТИВНОЕ ОХЛАЖДЕНИЕ ТРАНСФОРМАТОРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МОДУЛЕЙ

И.Н. Мадышев, О.С. Дмитриева

ja\_deva@mail.ru

*Научный руководитель: Дмитриев А.В., д.т.н., доцент,  
Казанский государственный энергетический университет*

В настоящее время проблема повышения энергоэффективности является одной из наиболее актуальных задач для обеспечения устойчивого инновационного развития экономики России. Согласно статистическим данным Международного экономического агентства International Energy Agency, главным потребителем энергии в экономике РФ является промышленный сектор [1]. При этом важным требованием обеспечения энергоэффективности предприятий промышленности является непрерывность технологических процессов [2]. В связи с этим к энергетическому и электротехническому оборудованию предприятий предъявляются высокие требования надежности. При работе трансформатора часть трансформируемой электромагнитной энергии теряется и выделяется в виде тепла, которое рассеивается в окружающую среду. Тепловые потери в трансформаторах большой мощности составляют сотни киловатт. Для снижения этих потерь осуществляется целый ряд мероприятий, проводимых как на стадии конструирования и изготовления трансформаторов, так и в процессе их эксплуатации в энергосистемах [3]. Возможным способом решения проблемы для работающего оборудования является организация более интенсивного отвода тепла от обмоток трансформаторов. Однако существующие системы охлаждения не всегда являются эффективными, достаточно сложны и дорогостоящи, следствием являются снижение ресурса и надежности трансформатора.

Для решения вопроса увеличения теплового потока предлагается авторами настоящей статьи осуществить монтаж на поверхности охлаждающих ребер трансформатора каскада из полупроводниковых термоэлектрических модулей, на примере трансформаторов типа М. Задачей является повышение эффективности охлаждения масляного трансформатора за счет дополнительного жидкостного охлаждения нижнего горизонтального коллектора. Схема разработанного устройства представлена на рис. 1.

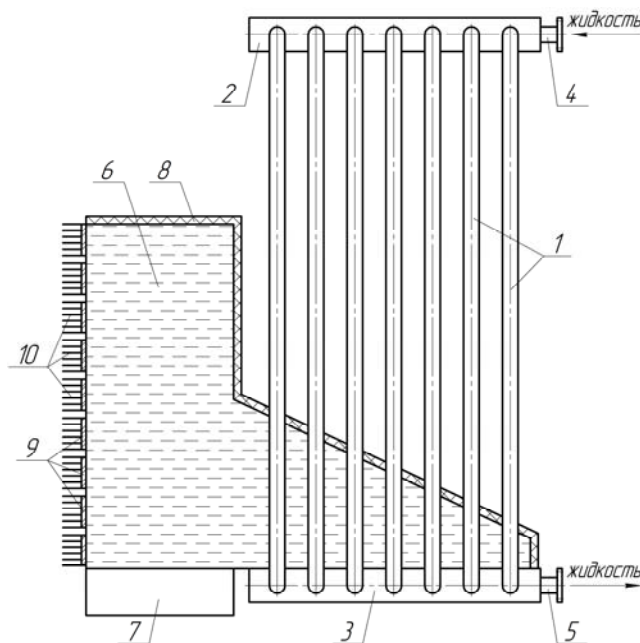


Рисунок 1. Схема термоэлектрического устройства для дополнительного охлаждения масляного трансформатора

Устройство содержит верхний 2 и нижний 3 горизонтально расположенные коллекторы, соединенные с баком трансформатора 6 с помощью патрубков 4 и 5, вертикально расположенные охлаждающие трубы 1, гидравлически соединенные с верхним и нижним горизонтальными коллекторами. Над нижним горизонтальным коллектором размещена теплопередающая поверхность емкости, установленная на отдельной опоре 7, заполненная жидким теплоносителем и имеющая тепловую изоляцию 8. При этом к одной из стенок емкости прикреплены термоэлектрические модули 9, образующие батарею, холодная сторона которой использована для теплопередачи охлаждаемой жидкости, находящейся внутри емкости, а для отвода тепла в окружающую среду с нагретой стороны термоэлектрической батареи установлены теплоотводящие ребра 10. Достаточный отвод тепла в окружающую среду с горячей стороны термоэлектрических модулей 9 обеспечивают теплоотводящие ребра 10.

Термоэлектрический модуль (рис. 2) представляет собой термоэлектрический холодильник, имеющий последовательно соединенные полупроводники p- и n-типа, образующих p-n- и n-p-переходы между керамическими пластинами. В свою очередь, каждый из таких переходов имеет тепловой контакт с одним из двух радиаторов. В результате прохождения электрического тока определенной полярности образуется перепад температур между радиаторами модуля: один радиатор работает как холодильник, другой радиатор нагревается и служит для отвода тепла [4].

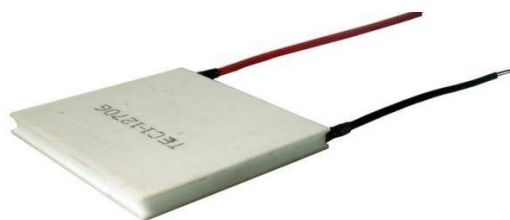


Рисунок 2. Термоэлектрический модуль

Достоинством устройства является тот факт, что оно интегрируется в действующую систему охлаждения трансформатора без демонтажа отдельных элементов оборудования, надежность работы, высокая эффективность работы в жаркий сезон, а в зимний период времени, возможно применение как дополнительного источника электродвижущей силы. Модернизация системы охлаждения является относительно дешевой по сравнению с вложениями по замене трансформатора. Для анализа эффективности процесса охлаждения трансформатора с применением термоэлектрических преобразователей был использован эксергетический метод. В предлагаемом термоэлектрическом устройстве для дополнительного охлаждения масляного трансформатора по сравнению с аналогами [5] обеспечивается более эффективное охлаждение жидкости, так как в качестве охлаждающего агента используется дополнительная жидкость, находящаяся в емкости, например, вода. При этом коэффициент теплоотдачи от воды к стенке при свободном ее движении выше коэффициента теплоотдачи при поперечном обтекании труб турбулентного потока воздуха в 4–9 раз.

Таким образом применение системы охлаждения силовых трансформаторов с термоэлектрическими модулями позволит интенсифицировать теплообмен, реализовать мероприятия по энергосбережению, кроме этого уменьшить число отказов оборудования, тем самым отодлив момент наступления аварии.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента РФ № МК-5215.2016.8.

### Список литературы

1. Яковлев А.С., Барышева Г.А. // Известия Томского политехнического университета. – 2012. – Т. 321, № 6. – С. 25–30.
2. Bashirov M.G., Minlibayev M.R., Hismatullin A.S. // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2014. – № 2. – С. 358–367.
3. Якимов Е.А., Ковалев Д.М. // V Междунар. науч. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых «Беларусь в современном мире», Гомель, 2012. С. 325–328.
4. Дмитриев А.В., Дмитриева О.С., Валиев И.И. // Вестник технологического университета. – 2015. – Т. 18. – № 20. – С. 70–72.
5. Владимирова Т.И., Бутенко В.И., Луценко А.П. Авторское свидетельство SU № 1517070 (1987).

# ЗИМНИЙ САД ДЛЯ УНИВЕРСИТЕТА, КАК САМОВОСПРОИЗВОДЯЩАЯ СИСТЕМА

А.С. Мишунина, А.С. Шаблыко

sashenbka@yandex.ru

*Научный руководитель: Серебрякова Е.Н, Томский политехнический университет*

Проект «Зимний сад для университета» перспективный проект высшего учебного заведения, саморегулирующая система, система будущего. Зимний сад – это площадка для новых научных исследований. Площадка под новые направления и специальности для вузов. Место, где можно вывести новые сорта растений, грибов, создавать гибриды, совместно с полу робототехническим (автоматизированным) и робото-техническим (автоматическим) обеспечением.

Внедрение проекта решает сразу несколько задач обучение новым дисциплинам, применение попутной энергии, применение новых, мало изученных гидропонных конструкций, бережное обращение с ресурсами, выращивание для университета и его пищевых блоков зеленой массы (петрушка, лук, чеснок, укроп) – самовосполняющаяся система.

На настоящий момент основная проблема отсутствия во многих вузах зимних садов объясняется отсутствием помещений, материальной и технической базы, а важнее всего отсутствием кадров при университете заинтересованных в проектировании малых эргономичных систем.

В основу проекта положены принципы экономичного производства и инновационного подхода в малой агрообласти.

Новизна идеи заключается в сборе автоматизированной системы в одном лабораторном модуле и агротехнологий последнего поколения.

Агрономия неразрывно связана с сельским хозяйством, на 2016 год при условии кризиса, собственное производство важно для страны и важно развитие этой отрасли (определять качество продукции растениеводства, определять основные типы почв, читать почвенные карты и проводить начальную бонитировку почв, повышать плодородие почв, а именно подготавливать и вносить удобрения, корректировать дозы удобрений, учитывая плодородие почв, контролировать состояние мелиоративных систем, выбирать способы хранения продукции растениеводства).

В Томском политехническом университете нет направлений: биология, биоинженерия и биоинформатика, почвоведение. Но в связи с тем, что данные направления необходимы и актуальны; внедрение подобного комплекса лабораторно-прикладного и исследовательского сделало бы большой задел для развития этих областей первоначально на базе смежных специальностей.

Гидропоника новое перспективное направление для личного хозяйства и больших предприятий. Гидропонная установка состоит из ряда элементов: бак, горшки, насосы, субстраты [1]. Бак необходим для хранения смеси воды с питательными компонентами. Для нормального роста и развития одного растения требуется порядка 3-х литров циркулирующей воды. Оптимальным считается объем емкости около 50 литров для одного бака [2]. Горшки место роста растений; отличный вариант – сетчатые конструкции. Для наполнения воды кислородом устанавливается двухкамерный насос. В качестве субстрата можно использовать специальные готовые наполнители керамзит, минвату, кокосовое волокно. Основные типы субстрата: Органика – торф или мох, в этом случае выращивание растений имеет название хемопоника. Неорганические непитательные элементы – керамзит, щебень, песчаная смесь, в этом случае явление называют агрегатопоникой. Ионообменные вещества – данный способ называют ионопоникой.

Воздух, в котором вода находится в виде мелкодисперсных капелек – так званая аэропоника.

Достоинства гидропоники:

1. Идеальный жидкий субстрат для оптимального развития растений.
2. Экономия воды для полива.
3. Отсутствие привычных для почвенного выращивания вредителей и болезней.
4. Экономия места для выращивания, что позволяет создать маленький домашний сад в любом уголке дома.
5. Отсутствие вредных веществ в субстрате, к примеру, растения не накапливают излишки минеральных удобрений или тяжелые металлы, это делает выращенные растения экологически чистыми и вкусными.
6. Сокращает время ухода за посадкой, ведь отпадает надобность в прополке и рыхлении [3].

Недостатки. Несмотря на все преимущества, у овощей, выращенных при помощи метода гидропоники, есть и недостатки. Если в составе питательного раствора есть элементы для ускорения роста, то по составу они схожи с теми, в которых содержатся нитраты. Поэтому, если вы не хотите употреблять нитраты, нужно предварительно замачивать овощи в течение 2-х часов в холодной воде.

Важно! Вред не в методе, а в применяемых химикатах.

Выращивать растения для столовых Томского политехнического университета станет возможным уже сегодня. Зелень полезна для организма человека и может быть выращена, как для нужд пищеблока, так и в целях для практики работы с растениями. На рис. 1 изображен лук, который можно вырастить за 15 дней и схематичное

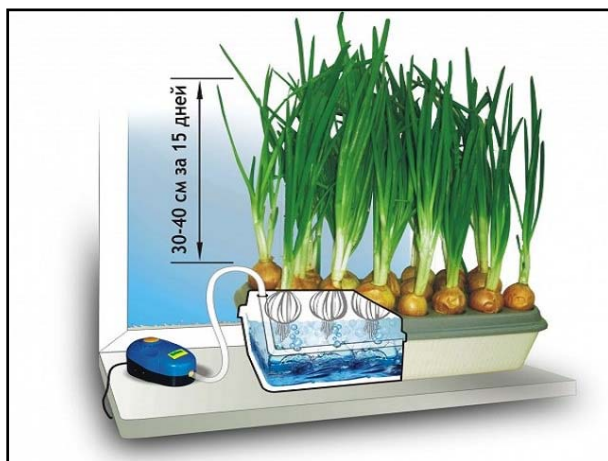


Рисунок 1. Выращивание лука и гидропонная установка

На настоящий момент в отделе Элитного технического образования ТПУ уже имеется единица саморегулирующей системы – фитомодуль. Фитостена, это вертикальная панель, являющаяся опорой для многослойного материала, в карманы которого помещаются растения [4]. Технология вертикального озеленения экономит полезную площадь пола, позволяет придавать фитостенам разные формы и задавать различные размеры. Фитостена может функционировать автономно в режиме замкнутого цикла или подключается к внешним системам – водопроводу и канализации [5]. Совмещение гидропонного оборудования и фитостены, одна из перспективных задач перед апробацией и размножения продукции.

Фитостена может присутствовать как единица и самого зимнего сада, а не только как техническая составляющая или отражение технического оснащения. В настоящий момент используется для озеленения жилых и офисных помещений, фитнес центров и торгово-выставочных залов. Может использоваться в ТПУ не только для озеленения рабочей зоны по контролю за «Зимним садом» но и в офисных помещениях университета, лабораториях.

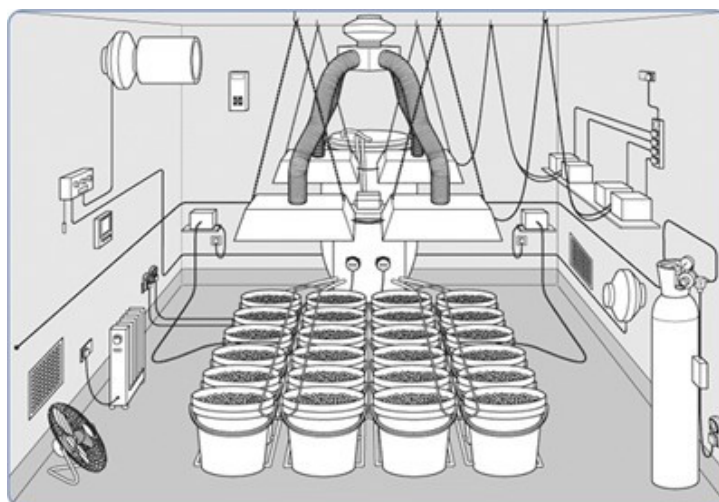


Рисунок 2. Схема «Зимнего сада»

Положительный эффект проекта «Зимний сад» - разработка новой технологий производства по выращиванию растений, подбору удобрений, моделирование последних агротехнологий для выращивания и апробирование на базе университета и лабораторного модуля.

Социальная значимость – проведение мастер классов для студентов. Создание выставочного комплекса для ознакомления всех желающих системами последних агро-инноваций, не зависимо от специальности и доступа в лабораторию.

### Список литературы

1. Энциклопедический словарь юного химика / сост.: В.А, Крицман, В.В. Станцо. – Москва : Педагогика, 1982. – С. 52.
2. Своими руками [Электронный ресурс], гидропонная установка своими руками. – Режим доступа: [http://svoimi-rukami.ru/stroitelstvo-doma/saraj\\_teplica\\_ulichny\\_tualet/gidroponnaya-ustanovka-svoimi-rukami.html](http://svoimi-rukami.ru/stroitelstvo-doma/saraj_teplica_ulichny_tualet/gidroponnaya-ustanovka-svoimi-rukami.html).
3. Ландшафтный дизайн [Электронный ресурс], делаем гидропонную установку. – Режим доступа: <http://rozarii.ru/inzhenernye-sistemy/delaem-gidroponnuyu-ustanovku.html>.
4. Википедия [Электронный ресурс], фитостена. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фитостена>.
5. Строй портал [Электронный ресурс], фитостена – особенности обустройства. – Режим доступа: <http://recl.ru/fitostena-osobennosti-obustrojstva>.

# ОБЩЕДОМОВЫЕ НУЖДЫ: КАК БЫВАЕТ НА САМОМ ДЕЛЕ

В.А. Морозова

morozova\_\_veronika@mail.ru

Научный руководитель: Климова Г.Н., к.т.н., доцент, ТПУ, ЭНИН, кафедра ЭПП

В графе «Общедомовые нужды» (ОДН) в своих квитанциях мы видим часто меняющуюся цифру и в процентном соотношении она занимает не так уж мало от общего значения потребления ЭЭ по квартире. Это настораживает и дает пищу для размышлений на тему об объективности определения величины ОДН.

В данной работе была произведена сравнительная оценка фактических и расчетных значений ОДН для конкретного жилого дома и квартиры. Сначала был проведен анализ полученных из квитанции данных, которые указаны в таблице 1.

Таблица 1. Данные согласно квитанции

Суммарное потребление по дому (кВтч)	Потребление по показаниям индивидуальных приборов учета (кВтч)	ОДН (кВтч)	Площадь жилых и нежилых помещений (м <sup>2</sup> )	Площадь квартиры (м <sup>2</sup> )
17272	14951	2321	3327	51,57

Согласно Постановлению Правительства №306 норматив потребления коммунальной услуги по электроснабжению на общедомовые нужды с использованием показаний приборов учета электрической энергии (кВтч в месяц на 1 м<sup>2</sup> общей площади помещений, входящих в состав общего имущества в многоквартирном доме) определяется по следующей формуле:

$$W_{\text{одн}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left( W_i - \sum_{l=1}^m W_l \right)}{2 \cdot S^{\text{общ}}},$$

где  $W_i$  – суммарный расход электрической энергии по показаниям коллективного (общедомового) прибора учета (кВтч) за июнь и ноябрь в  $i$ -м многоквартирном доме за вычетом суммарного расхода электрической энергии в нежилых помещениях;  $W_l$  – расход электрической энергии по показаниям индивидуального прибора учета за 2 определенных месяца в  $l$ -м жилом помещении;  $m$  – количество жилых помещений в  $i$ -м многоквартирном доме;  $n$  – количество многоквартирных домов;  $S^{\text{общ}}$  – общая площадь помещений, входящих в состав общего имущества в многоквартирных домах (м<sup>2</sup>); 2 – количество месяцев, используемых для снятия показаний приборов учета [1].

Расчетным периодом задаем 1 месяц:

$$W_{\text{уд}}^{\text{одн}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left( W_i - m \sum_{l=1}^m W_l \right)}{1 \cdot S^{\text{общ}}} = \frac{(17272 - 14951)}{3327} = 0,7 \text{ кВтч/м}^2.$$

Следует отметить, что балконы, лоджии и другие вспомогательные пристройки не должны входить в состав жилого помещения [2]. Так вычитаем из общей площади квартиры площадь балкона и получим площадь, для которой будет начисляться ОДН – 44,32 м<sup>2</sup>. Следовательно, для квартиры общей площадью 51,57 м<sup>2</sup> значение ОДН, предназначенное для оплаты будет равно 30,92 кВтч, что составит 11,24 % от показаний индивидуального прибора учета для данной квартиры (275 кВтч). Это достаточно высокий процент.

Определим площадь, для которой были начислены ОДН в соответствии с квитанцией:

$$S^{\text{одн}} = \frac{W^{\text{одн}}}{W_{\text{уд}}^{\text{одн}}} = \frac{33,35}{0,7} = 47,805 \text{ м}^2.$$

Это примерно соответствует значению площади с учетом половины площади балкона данной квартиры. В правилах содержания общего имущества в многоквартирном доме сказано, что лоджии и балконы, расположенные в квартире не являются общим имуществом и не должны входить в со-



став квартиры, как жилое помещение [3]. На этом этапе и выяснилось, где может крыться проблема столь высоких показателей ОДН.

Дом одноподъездный, семиэтажный, оборудован четырьмя насосами подкачки воды, лифтом, оснащен комплектами осветительных приборов на каждом этаже, также в расчет нагрузки, приходящейся на долю ОДН входят 4 фонаря, расположенных на придомовой территории.

Ниже представлен пример расчета осветительной нагрузки для комплекта светильников, которые установлены на площадке при входе в подъезд и работают постоянно [4].

Определим установленную мощность ламп:

$$P_{\text{уст}} = n \cdot N \cdot P_{\text{л}} = 4 \cdot 2 \cdot 18 = 144 \text{ Вт},$$

где  $N$  – число осветительных комплектов;  $n$  – число ламп в осветительных комплектах;  $P_{\text{л}}$  – номинальная мощность лампы (Вт).

Тогда расчетная осветительная нагрузка составит:

$$P_m = k_1 \cdot k_c \cdot P_{\text{уст}} = 1,25 \cdot 1 \cdot 144 = 171 \text{ Вт},$$

где  $k_1$  – коэффициент, учитывающий потери в ПРА газоразрядных ламп (в освещении лестничных площадок данного дома используют люминесцентные лампы, поэтому данный коэффициент принимаем равным 1,25);  $k_c$  – коэффициент спроса;  $P_{\text{уст}}$  – установленная осветительная нагрузка (Вт).

С учетом рабочего времени данных комплектов энергия, потребляемая ими определяется по выражению:

$$W_{\text{осв}} = P_m \cdot t_d \cdot T = 171 \cdot 24 \cdot 30 = 122,16 \text{ кВтч},$$

где  $t_d$  – количество часов работы комплектов в сутки;  $T$  – количество дней работы комплектов за месяц (количество дней месяца принято равным 30-ти дням).

По аналогии произведем расчет для остальной осветительной нагрузки дома и сведем в таблицу 2.

Таблица 2. Расчетные данные осветительной нагрузки

Наименование	n·N (штук)	P <sub>л</sub> (Вт)	P <sub>уст</sub> (Вт)	P <sub>м</sub> (Вт)	T·t <sub>д</sub> (ч)	W <sub>осв</sub> (кВтч)
1 Комплекты, работающие по 8 часов	2×10=20	18	360	427,5	240	718,2
2 Комплекты, работающие по 10 часов	2×1=2	18	36	42,75	300	89,78
3 Комплекты по 4 лампы, работающие постоянно	2×4=8	18	144	171	720	123,12
4 4 фонаря на улице	1×4=4	120	480	456	300	136,8
Итого	1067,9					

Пример расчета потребляемой энергии насосами подкачки воды:

$$P_p = n \cdot P_n \cdot k_c \cdot k_o = 2 \cdot 500 \cdot 0,95 \cdot 0,5 = 475 \text{ Вт},$$

где  $P_n$  – номинальная мощность насоса;  $k_c$  – коэффициент спроса,  $k_o$  – коэффициент, учитывающий поочередную работу одной пары насосов.

$$W_{\text{об}} = P_p \cdot t_d \cdot T = 475 \cdot 8 \cdot 30 = 114 \text{ кВтч},$$

где  $t_d$  – количество часов работы комплектов в сутки;  $T$  – количество дней работы комплектов за месяц (количество дней месяца принято равным 30-ти дням). По аналогии произведен расчет для остального оборудования дома и сведен в таблицу 3.

Таблица 3. Расчетные данные нагрузки, приходящей на оборудование дома

Наименование	Кол-во (штук)	P <sub>н</sub> (Вт)	P <sub>р</sub> (Вт)	T·t <sub>д</sub> (ч)	W <sub>об</sub> (кВтч)
1 Насосы на воду	2	500	475	240	114
2 Насосы на тепло	2	500	475	240	114
3 Лифт	1	7000	3500	150	525
Итого			753		

Тогда полное расчетное значение ОДН:

$$W = W_{\text{осв}} + W_{\text{об}} = 1067,9 + 753 = 1820,9 \text{ кВтч}.$$

Следует отметить, что расчетная нагрузка на ОДН с учетом принятых коэффициентов (использования, спроса, потерь в пуско-регулирующей аппаратуре источников света) и временем работы оборудования условна и составила 1820,9 кВтч. Расхождение между расчетным ОДН и указанным в квитанции составило 500,11 кВтч (или 21,55 %). Такое расхождение в показательных величинах объясняется условно принятыми коэффициентами, округлениями результатов и возможностью неточного выбора времени работы приборов. Следовательно, в дальнейших расчетах будем оперировать величиной ОДН, указанной в квитанции (2321 кВтч).

На следующем этапе была задача определения точной площади как жилых помещений, так и площади, входящей в состав общего имущества многоквартирного дома [2].

Запросив планы первого и последующих этажей, число квадратных метров жилых помещений составило 3200,65 м<sup>2</sup>, что не на много меньше величины, прописанной в графе квитанции «Площадь жилых и нежилых помещений» (3327 м<sup>2</sup>). В результате анализа было выявлено, что общая площадь, относительно которой должны определяться удельные общедомовые нужды (кВтч/м<sup>2</sup>) занижена на 1400,45 м<sup>2</sup>.

Следует отметить, что балконы, лоджии и другие вспомогательные пристройки не должны входить в состав жилого помещения и ОДН должны начисляться на площадь квартиры без их учета [2].

Тогда можно найти удельное значение ОДН, оперируя фактически предоставленной информацией о потреблении ЭЭ на ОДН и фактическим найденным значением площади.

$$W_{\text{одн}} = \frac{\sum_{i=1}^n \left( W_i - \sum_{l=1}^m W_l \right)}{1 \cdot S_{\text{общ}}} = \frac{(17272 - 14951)}{4227,45} = 0,49 \text{ кВтч/м}^2.$$

Для квартиры общей площадью 51,57 м<sup>2</sup> ОДН составят 21,76 кВтч, что уже меньше указанного в квитанции. В процентном соотношении это составит 7,91 % от показаний индивидуального прибора учета.

Изначально анализ был направлен на определение механизма начисления ОДН. В ходе работы было выявлено неожиданное занижение общей площади жилого дома (жилых и нежилых помещений), что привело к увеличению удельной величины ОДН (кВтч/м<sup>2</sup> площади). Следует отметить, что в Жилищном Кодексе РФ точно и ясно прописаны объекты, входящие в состав общего имущества многоквартирного дома, и которые должны быть учтены при расчетах удельного значения ОДН.

Сведем все полученные расчеты для наглядного представления в таблицу 4.

Таблица 4. Расчетные и исходные данные

	Суммарная площадь (м <sup>2</sup> )	Удельное значение ОДН (кВтч/м <sup>2</sup> )	Начисленные ОДН для квартиры площадью 51,57 м <sup>2</sup> без учета балкона (кВтч)	Начисленные ОДН для квартиры площадью 51,57 м <sup>2</sup> с учетом половины площади балкона (кВтч)	Начисленные ОДН для квартиры площадью 51,57 м <sup>2</sup> (кВтч)
Фактическая	4727,45	0,49	21,76	23,54	25,32
По квитанции	3327	0,7	30,92	33,45	35,98

В результате проведенных расчетов, была выявлена переплата на завышенных общедомовых нуждах в размере 24000 руб. в год для небольшого дома с 70 квартирами. Эту переплату можно рассматривать как «фонд» из которого компенсируются неплатежи жильцов – должников за ЭЭ, либо как дополнительную прибыль энергосбытовой организации. Такое положение не мотивирует управляющие компании, энергосбытовые организации адресно работать с потребителями-должниками, так как их неплатежи компенсируются полностью или частично за счет ОДН.

### Вывод

В любом жилом доме проживают как добросовестные плательщики за жилищно-коммунальные услуги (ЖКУ), так и недобросовестные. Используя представленный в Постановлении Правительства №306 алгоритм расчета и начислений в ОДН попадают объемы неплательщиков ЖКУ. Таким образом снижаются финансовые небалансы энергоснабжающих организаций. При этом неплатежи, несвоевременные платежи – уже заложены в тариф на ЭЭ в виде коммерческой составляющей потерь. Получается, что идет двойная, а иногда тройная оплата ОДН. Для исправления этой

ситуации необходимо организовать механизм адресного взаимодействия управляющих компаний с неплательщиками. Первый шаг на пути к этому – изменение законодательства.

Так, с 1.01.2017г. вступит в силу Федеральный закон №176-ФЗ о переносе ОДН в жилищную услугу (содержание жилого помещения) и о применении повышающих коэффициентов по коммунальным услугам электроснабжения [4]. Размер платы за ЭЭ будет определяться по нормативам потребления энергоресурсов, которые по официальным данным должны были быть утверждены до 1 сентября 2015 года, но так и не утверждены.

### **Список литературы**

1. Постановление Правительства РФ №306 «Об утверждении Правил установления и определения нормативов потребления коммунальных услуг» с изменениями и дополнениями от 14 февраля 2015г.
2. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.06.2004г. (ред. 31.01.2016г.).
3. Постановление Правительства РФ от 13 августа 2006 г. № 491 «Об утверждении Правил содержания общего имущества в многоквартирном доме и Правил изменения размера платы за содержание и ремонт жилого помещения в случае оказания услуг и выполнения работ по управлению, содержанию и ремонту общего имущества в многоквартирном доме ненадлежащего качества и (или) с перерывами, превышающими установленную продолжительность».
4. Викторенко А.М. Основы электрического освещения. Учебное пособие. – Томск: Издательство ТПУ, 2005. – 124 с.
5. Федеральный закон от 29.06.2015 № 176-ФЗ (ред. 29.12.2015) «О внесении изменений в Жилищный кодекс Российской Федерации и отдельные законодательные акты Российской Федерации».

# О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТРАБОТАННЫХ СОРБЕНТОВ НА ОСНОВЕ БЕНТОНИТОВЫХ ГЛИН И ТЕХНОГЕННЫХ ОТХОДОВ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КЕРАМИЧЕСКОГО КИРПИЧА ПОЛУСУХОГО ПРЕССОВАНИЯ

А.Т. Насиолданова

nasioldanova@mail.ru

*Научный руководитель: Хайруллина А.А., к.т.н., доцент, ВКГТУ им. Д. Серикбаева*

Развитие строительной индустрии на базе достижений науки и техники относится к основным задачам концепции инновационной и индустриальной политики Республики Казахстан.

При большом разнообразии современных энергосберегающих стеновых материалов керамический кирпич всегда сохраняет свои позиции благодаря сочетанию ценных свойств. Основной тенденцией в отрасли керамических стеновых изделий является повышение эффективности производства за счет ввода новых мощностей с передовыми современными технологиями, а также совершенствования технологии и оборудования, вовлечения в процесс добавок различного назначения.

Производство керамических строительных материалов – одна из самых материалоемких отраслей строительной индустрии, поэтому наиболее рациональным направлением является использование техногенного сырья. Это один из эффективных способов экономии природных материалов, при этом одновременно происходит утилизация побочных продуктов и вносится вклад в охрану окружающей среды. В связи с этим применение в керамических строительных материалах техногенного сырья приобретает особую актуальность.

Производство керамических стеновых материалов может быть осуществлено различными способами формования, на стадии которого начинается структурообразование керамических материалов.

Принципиально существует три категории способов формования: керамическая масса переводится в жидкое состояние и формируется литьем; пластическое формование, при котором масса должна обладать значительной пластичностью и соответствующей консистенцией; полусухое прессование – формируются керамические массы с низким содержанием воды [1].

Основным требованием для всех способов формования является однородность изделия, которая определяет поведение отформованных изделий при сушке, обжиге и физико-химические свойства конечного продукта.

Структурообразование в системе глина-вода является базовым при формировании изделий пластическим способом. Согласно работам А.П. Ребиндера и др., дисперсии глин в воде образуют коагуляционные структуры. При этом частицы глины связаны Ван-дер-ваальсовыми силами через прослойки среды [2].

Процесс структурообразования масс на стадии формования пластическим способом в системе глина-вода зависит от содержания затворяемой воды и механических способов их обработки. При этом процесс формовки осуществим только в случае, когда основным компонентом керамических масс является глина.

Поэтому для решения задач комплексного использования минерального сырья и отходов промышленности в технологии керамики способ пластического формования недостаточно приемлем.

С этой точки зрения одним из прогрессивных методов формования сырьевых смесей является способ полусухого прессования.

Полусухой способ производства является перспективным направлением развития, способствующим решению экологических проблем на фоне истощения запасов природных глин и использование техногенных отходов в производстве керамических материалов.

Преимуществом полусухого способа производства перед пластическим, является использование непластичных компонентов, строгое соблюдение размеров изделия, возможность автоматизации процесса прессования, исключение длительной сушки.

В настоящее время сырьевая база существующих керамических производств и заводов Республики Казахстан ориентированы на использование лессовидных суглинков и лессов с применением шлаков, и золы ТЭС, стеклобоя и других отходов, значительные запасы которых имеются почти во всех областях республики.

Поиск путей решения проблемы по использованию техногенного сырья для повышения качества кирпича полусухого прессования, позволяет поставить перед собой цель: разработка теоретических и практических основ технологии кирпича полусухого прессования с применением отработанных сорбентов на основе бентонитовых глин и техногенных отходов, обеспечивающих утилизацию техногенного сырья и повышение физико-механических показателей керамического кирпича.

В исследованиях при получении керамического кирпича использовались следующие сырьевые материалы Восточно-Казахстанской области. В качестве:

- глинистого сырья – суглинки Украинского месторождения, в 1,5 км южнее пос. Украинка, в 15 км от города Усть-Каменогорск;
- добавки – отработанные сорбенты на основе бентонитовых глин и отходов минеральной ваты после второй стадии очистки хромсодержащих сточных вод предприятий машиностроения.

Глинистое сырье Украинского месторождения представлено суглинками буровато-желтой окраски, по структуре рыхлое, хорошо размокает в воде, при смачивании 10 % раствором соляной кислотой вскипает.

Суглинки имеют большой процент илистых и пылеватых фракций (0,005-0,05 мм) от 40 до 78 %, песчанистой от 8 до 29 %, глинистой – 8–19 %. Крупнозернистая фракция (размер зерен 1–7 мм) составляет до 3 % от веса пробы.

Число пластичности – 8–11, по количеству тонкодисперсной фракции сырье относится к грубодисперсным.

Суглинки Украинского месторождения – среднечувствительное к сушке сырье, по огнеупорности – легкоплавкие.

Химический состав суглинков представлен оксидами (таблица 1).

Таблица 1. Химический состав суглинков

Оксид	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> +TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	R <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.п.
%	58,17	14,21	4,54	6,95	2,30	3,42	0,37	7,44

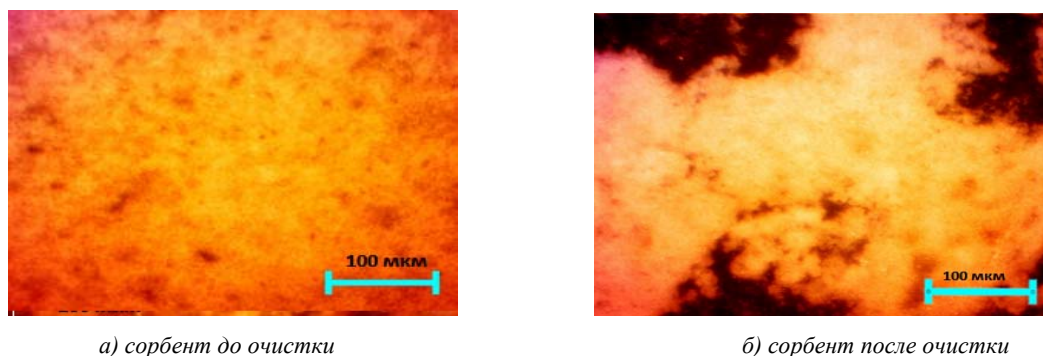
По содержанию Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> глинистое сырье относится к группе кислых с высоким содержанием красящих оксидов (Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> > 3 %).

Глинистые минералы в исследуемых суглинках представлены преимущественно гидрослюдой с примесью хлорита и незначительно каолинита.

Используемый отработанный сорбент получен после глубокой очистки хромсодержащих сточных вод [3]. Представляет собой пастообразный продукт, основу которого составляет бентонитовая глина 11 горизонта Таганского месторождения и отходы производства минеральной ваты («королек») завода «Изотерм» (п. Глубокое) в соотношении 2:1. Отработанный сорбент содержит ионы хрома (общего) в пределах 0,11–0,12 мг/г, железа – 0,56–0,64 мг/г, меди – 0,004–0,006 мг/г, цинка – 0,2–0,3 мг/г.

Микроскопические исследования отработанных сорбентов, проведенные на оптическом металлографическом микроскопе марки Альтами, показал, что материал представляет собой однородную массу, частицы «королька» не просматриваются, так как плотно покрыты бентонитом. Каркасная структура сохраняется.

На рис. 1 представлены снимки отработанного сорбента (бентонитовая глина 11 горизонта: «королек» = 2:1).



а) сорбент до очистки

б) сорбент после очистки

Рисунок 1. Сорбент на основе бентонита 11 горизонта и «королька» в соотношении 2:1

На рисунке 2 приведены снимки с результатами мокрого просеивания отработанного сорбента с модификатором «королек» на сите с размером ячеек 0,08 мм.

После процесса мокрого просеивания отработанного сорбента через сито № 008 бентонит полностью смывается через ячейки сита. На сите наблюдается незначительное количество «королька» в виде частиц игольчатой формы, размером более 80 мкм. Остаток «королька», прошедший через сито представлен частицами осколочной формы со следами бентонита. Размер частиц менее 10 мкм.

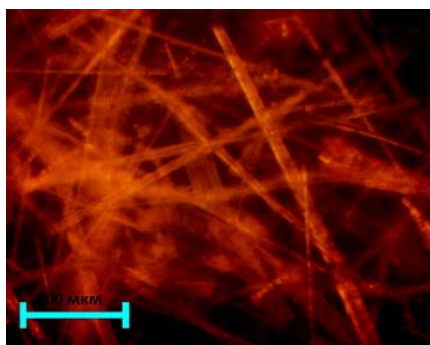
Процесс подготовки сырья для изготовления керамических образцов методом полусухого прессования в лабораторных условиях включал в себя:

- сушку глинистого сырья при 100 °С;
- сушку отработанного сорбента при 100 °С;
- измельчение сырьевых материалов в щековой дробилке;
- дозирование и перемешивание порошкообразных материалов - глинистого сырья и отработанного сорбента;

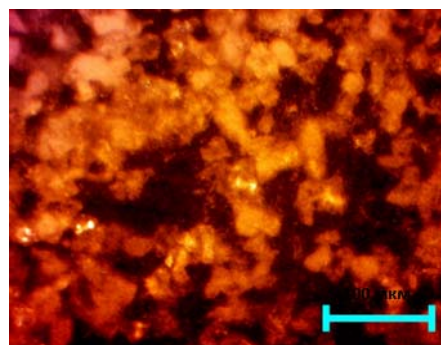
- просеивание полученного порошка без остатка через сито с размером отверстий 5 мм.

У полученного таким образом пресс-порошка, определялся зерновой состав на ситах 2,5; 1,25; и менее 1,25 мм. Пресс-порошок готовился влажностью 8 %.

Увлажненная шихта вручную перетиралась через сито 1,25 мм и вылеживалась не менее 24 часов в эксикаторе для равномерного распределения влаги.



а) остаток на сите №008



б) проход через сито (менее 0,08 мм)

Рисунок 2. Результаты мокрого просеивания отработанного сорбента с модификатором «королек» на сите с размером ячеек 0,08 мм

Из полученной смеси изготавливались образцы-цилиндры диаметром 60 мм и высотой 60 мм. Прессование производилось в две ступени. Удельное давление прессования составило 34,0 МПа.

Сушка проводилась до остаточной влажности образцов 4–5 %, в сушильном шкафу при температуре 100 °С – 12 ч.

Обжиг образцов осуществлялся в электрической печи по ускоренным режимам: подъем 1,5 часа, выдержка при максимальной температуре 950 °С – 3 часа, произвольное охлаждение при отключенной печи.

После обжига у образцов определялся предел прочности при сжатии и изгибе в соответствии с требованиями ГОСТ 8462-85 [5].

Результаты физико-механических испытаний образцов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Физико-механические показатели обожженных образцов

№ серии	Состав, %	Масса после обжига 950°С, г	Усадка, %		Предел прочности в кгс/см <sup>2</sup>		Марка кирпича по образцам
			Воздушная	Огневая	при сжатии		
					образцов	в пересчете на кирпич	
1	– суглинки – 100 %	288	нет	2	122	111	100
2		266		2	128	116,5	100
3		270		2	128	116,5	100
4	– суглинки – 75 %	278		2	140	127,4	125
5	– отработанный сорбент – 25 %	284		2	146	133	125
6		272		2	158	144	125

Результаты проведенных испытаний показали, что суглинки Украинского месторождения пригодны для получения керамического кирпича полусухого прессования. А также, введение с сырьевую смесь отработанного сорбента на основе бентонитовой глины и отхода минеральной ваты – «королька» в количестве 25 % повышает прочность образцов не оказывая влияние на их усадочные деформации. Полученные в лабораторных условиях образцы из суглинка (без добавки сорбента) соответствовали марке М100, а с добавкой отработанного сорбента – соответствовали марке М125, согласно требований ГОСТ 530-2012.

#### **Список литературы**

1. Кашеева И.Д. Производство огнеупоров : справочник / И.Д. Кашеева. – Москва : Интермет Инжиниринг, 2000. – 527 с.
2. Ребиндер П.А. Термическое старение керамики / П.А. Ребиндер, С.П. Ничипоренко. – Москва : Металлургия, 1979. – 100 с.
3. Применение наноструктурированных сорбентов на основе природных алюмосиликатов и техногенных отходов для глубокой очистки сточных вод / А.К. Адрышев, Г.К. Даумова, А.А. Хайруллина, Ю.И. Лопухов // *Fundamental science and technology – promising developments V Vol. 2*, spc Academic, 24-25 февраля 2015 г., North Charleston, USA – p. 130–133.

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОМЕРЗАНИЯ ГРУНТА В ЗОНЕ РАЗМЕЩЕНИЯ РЕЗЕРВУАРОВ ДЛЯ ХРАНЕНИЯ ТОПЛИВ ТЭС И КОТЕЛЬНЫХ

Ж.Ф. Ожикенова, Ф.Т. Махсутбек

Ozhikenova92@mail.ru

Научный руководитель: Половников В.Ю., к.т.н., ТПУ, каф ТПТ, Россия, г. Томск

## Введение

Институт энергетики Сибирского отделения Российской Академии наук устанавливает вероятный уровень годового потребления мазута в количестве 30 миллионов тонн условного топлива, согласно энергетической стратегии России даже в случае самых жестких ограничений добыча нефти в 2030 году будет на уровне 245 миллионов тонн [1].

Несмотря на эти прогнозы, к настоящему времени в стране практически мало публикаций, посвященных разработкам в области методов расчета и проектирования мазутных хозяйств. Действующие по сегодняшний день отраслевые методик не в полной мере отражают все особенности тепловых процессов, происходящих на всех стадиях подготовки мазута к сжиганию. Одним из перспективных подходов к исследованию тепловых потерь резервуаров ТЭС и котельных в условиях реальной эксплуатации является использование разнообразных коммерческих или открытых пакетов прикладных программ, позволяющих учитывать различные эффекты и процессы, приводящие к интенсификации процессов переноса в рассматриваемых системах.

Целью работы является математическое моделирование теплопереноса резервуаров ТЭС и котельных при промерзании грунта и численный анализ тепловых потерь рассматриваемых объектов в подобных условиях.

## Постановка задачи

Рассматривается типичный вертикальный цилиндрический стальной подземный резервуар марки РВС–100. На рисунке 1 показано схематическое изображение области решения рассматриваемой задачи.

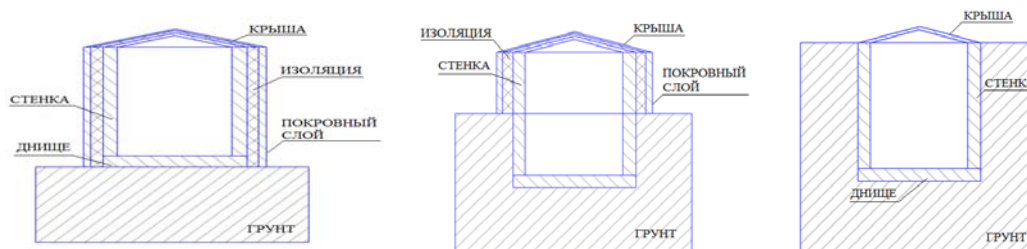


Рисунок 1. Схема поперечного сечения области решения с надземным, полуподземным и подземным резервуаром

Для рассматриваемой области решается двумерная стационарная задача теплопроводности в системе «подземный резервуар – окружающая среда» с учетом промерзания грунта в зоне размещения резервуаров ТЭС и котельных.

При постановке задачи приняты следующие основные допущения:

1. Теплофизические характеристики материалов являются постоянными и известными величинами.
2. Не рассматривается теплоперенос в объеме резервуара.
3. На границах между слоями выполняются условия идеального теплового контакта.
4. Не учитывается термическое сопротивление металлических стенок резервуара.
5. Граница раздела между талым и мерзлым грунтом имеет постоянную температуру, равную 273 К.

Принятые допущения не накладывают принципиальных ограничений на общность постановки задачи и отражают достаточно реальные режимы работы резервуаров для хранения резервных топлив ТЭС и котельных.



### Математическая модель

Процессы переноса тепла для рассматриваемого объекта будет описываться следующими уравнениями теплопроводности:

$$\nabla^2 T_i = 0, \quad (1)$$

$$\nabla^2 T_{ig} = 0, \quad (2)$$

$$\nabla^2 T_{fg} = 0. \quad (3)$$

$$T_{i,1} = T_m = \text{const}, \quad (4)$$

$$\lambda_i \text{grad}(T_{i,2}) = \lambda_r \text{grad}(T_{ig,2}); \quad T_{i,2} = T_{ig,2}; \quad (5)$$

$$\lambda_{fg} \text{grad}(T_{fg,3}) = \lambda_{ig} \text{grad}(T_{ig,3}); \quad T_{fg,3} = T_{ig,3}; \quad (6)$$

$$-\lambda_g \text{grad}(T_{g,4}) = \alpha(T_{g,4} - T_{ex}), \quad (7)$$

$$\text{grad}(T_g) = 0, \quad x \rightarrow \pm\infty, \quad y \rightarrow -\infty. \quad (8)$$

На внутренней поверхности корпуса резервуара поддерживается постоянная температура. В местах соприкосновения слоев выполняются условия идеального теплового контакта. На границах взаимодействия рассматриваемых объектов с окружающей воздушной средой выставляются граничные условия III рода. На достаточно большом расстоянии от резервуара в грунте градиенты температур равны нулю.

*Обозначения:*  $T$  – температура, К;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности, Вт/(м·К);  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи, Вт/м<sup>2</sup>·К;  $i$  – слой тепловой изоляции;  $g$  – грунт;  $m$  – мазут;  $ex$  – наружный; 1 – внутренняя поверхность изоляции резервуара; 2 – граница раздела «корпус резервуара-грунт»; 3 – граница раздела «грунт талый – грунт мерзлый»; 4 – граница раздела «грунт – окружающая среда».

### Метод решения и исходные данные

Рассматриваемая задача (1) – (8) решена с применением средств и функций пакета программ мультифизического моделирования COMSOL Multiphysics с использованием модуля General Heat Transfer, базирующегося на решении задач методом конечных элементов [2].

При проведении численного моделирования предполагалось, что температура внутренней поверхности резервуара  $t_m = 60$  °С. Температура окружающей среды  $t_{ex} = -40$  °С.

В таблице 1 приведены теплофизические характеристики материалов и веществ, использованные при проведении исследований.

Таблица 1. Теплофизические характеристики

Материал	Фундамент	Тепловая изоляция	Грунт			
			Глинистый		Песчаный	
			Талый	Мерзлый	Талый	Мерзлый
$\lambda$ , Вт/(м·К)	1,54	0,046	1,1	1,3	2,3	3,7
$c$ , Дж/(кг·К)	887	840	1231	959	1486	1005
$\rho$ , кг/м <sup>3</sup>	2200	150	1700	1700	2000	2000

### Результаты численного моделирования

Основные результаты численного моделирования тепловых режимов резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных при промерзании грунта в зоне их размещения приведены в таблице 2, где  $Q_1$  – тепловые потери рассчитываемого объекта без учета промерзания грунта и  $Q_2$  – с учетом промерзания грунта в зоне их размещения.

Результаты численного анализа, свидетельствуют о том, что наличие оттаивание грунта в зоне размещения резервуара для хранения топлив ТЭС и котельных не приводит к существенному изменению теплового режима рассматриваемого объекта.

На рисунках 2 приведены типичные температурные поля в зоне резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных с учетом промерзания песчаного и глинистого грунта.

Таблица 2. Результаты расчета тепловых потерь резервуаров

Вариант	$\alpha$ , Вт/м <sup>2</sup> К	Глинистый грунт			Песчаный грунт		
		Q <sub>1</sub> , Вт	Q <sub>2</sub> , Вт	$\delta$ , %	Q <sub>1</sub> , Вт	Q <sub>2</sub> , Вт	$\delta$ , %
Подземный	5	1674,78	1653,66	1,26	2032,78	1986,31	2,30
	10	1964,89	1944,54	1,03	2341,20	2298,87	1,81
	15	2097,16	2075,04	1,06	2481,31	2438,14	1,74
	25	2219,69	2198,03	0,98	2610,27	2568,69	1,59
Полуподземный	5	1978,62	1962,83	0,8	2261,58	2237,19	1,08
	10	2298,00	2282,66	0,23	2596,17	2573,79	0,86
	15	2440,07	2424,01	1,15	2743,09	2721,59	0,78
	25	2574,73	2556,47	0,59	2879,79	2856,26	0,82
Наземный	5	2461,77	2455,46	0,26	2574,17	2571,52	0,1
	10	2832,79	2826,54	0,22	2948,62	2941,88	0,23
	15	2993,21	2987,41	0,19	3110,68	3110,40	0,01
	25	3140,79	3135,03	0,18	3259,91	3258,75	0,04

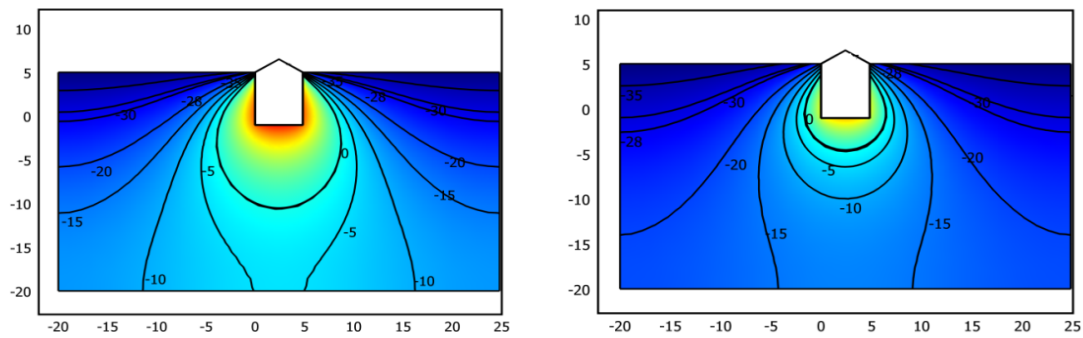


Рисунок 2. Типичные температурные поля резервуаров для хранения топлив

### Заключение

Проведен численный анализ тепловых режимов и тепловых потерь резервуаров для хранения топлив ТЭС и котельных в условиях промерзания и оттаивание грунта, определена область мерзлой и талой зоны. Относительное изменение результатов моделирования тепловых потерь резервуаров в условиях промерзания грунта в зоне их размещения составляет 0,98–2,30 % для подземного и 0,04–0,26 % для наземного, 0,23–1,15 % для полуподземного резервуаров.

При решении данной задачи установлено, что учет оттаивания грунта в зоне размещения резервуара для хранения топлив ТЭС и котельных не приводит к существенному изменению теплового режима рассматриваемого объекта.

### Список литературы

1. Развитие теплоснабжения в России в соответствии с Энергетической стратегией до 2030г. // Новости теплоснабжения. – 2010. – № 2. – С. 6–9.
2. Бирюлин Г.В. Теплофизические расчеты в конечно-элементном пакете COMSOL/FEMLAB / Г.В. Бирюлин. – Санкт-Петербург : СПбГУИТМО, 2006. – 89 с.
3. СНиП 2.11.03-93. Строительные нормы и правила. Склады нефти и нефтепродуктов. Противопожарные нормы. – Москва : Госстрой России, ФГУП ЦПП, 2011. – 46 с.

# ПРОГНОЗ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОБЪЕКТАМИ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА ТПУ

А.Ю. Песня

alesha.pesnya@yandex.ru

*Научный руководитель: Климова Г.Н., к.т.н., доцент,  
Томский политехнический университет, Россия, г. Томск*

Электроснабжающие организации и потребители заинтересованы в достоверном прогнозировании и эффективном анализе использования электроэнергии.

Это связано с тем, что любые отклонения от заявленных значений приведут к покупке субъектами централизованного электроснабжения недостающих объемов электроэнергии (далее – ЭЭ) на балансирующем рынке по более высокой цене [1]. При этом величина отклонений оплачивается по сложившимся ценам, если:

- заявленный объем ЭЭ больше фактически потребленного, который в свою очередь больше объема, купленного по регулируемым ценам (так называемые «отклонения вниз»);
- заявленный объем ЭЭ меньше объема купленного по регулируемым ценам и меньше фактически потребленного («отклонения вверх»).

Проблема прогноза потребления ЭЭ представляет собой сложную многопараметрическую задачу. Потребление ЭЭ зависит от типа дня (рабочий день, выходной день), погодных условий, времени суток и других параметров. Зависимость потребления ЭЭ от каждого из этих параметров довольно сложна и не имеет однозначного формального описания.

Существует большое количество методов прогнозирования. Существующие методы разделяют на две большие группы: интуитивных и формализованных методов [2].

В группе интуитивных методов для прогнозирования используют оценки экспертов и суждения. Вторая группа – формализованные методы прогнозирования, описанные в математической литературе. На их основе разрабатывают модели прогнозирования, другими словами определяют математическую зависимость, которая позволяет рассчитать будущие значения изучаемого процесса, или сделать прогноз.

Формализованные методы включают в себя модели прогнозирования.

Наиболее распространенными формализованными методами прогнозирования временных рядов считаются: прогнозная экстраполяция, регрессионный анализ (прогнозирование методом авторегрессии проинтегрированного скользящего среднего (АРПСС); прогнозирование с использованием искусственных нейронных сетей), адаптивные методы прогнозирования, прогнозирование с использованием гибридных систем, техноценоз [3].

В данной работе будет рассмотрено два метода прогнозирования электропотребления, находящихся в группе регрессионного анализа – метод АРПСС и метод нейронных сетей.

В качестве исходных данных для исследований были использованы показания электропотребления учебного корпуса № 8 Томского политехнического университета. Основным фактором, влияющим на график нагрузки, является, в первую очередь, учебный процесс, непрерывно идущий на протяжении шести рабочих дней с 8.00 утра и до 22.00 вечера. К косвенным факторам можно отнести изменение температуры воздуха на улице, которая в данном случае меняется довольно значительно, потому что происходит смена сезона (зима-лето), а так же наличие праздничных и выходных дней, что так же отражается на графике потребления.

Восьмой корпус ТПУ является одним из крупнейших потребителей ресурсов из-за большой площади – 13453 м<sup>2</sup> и большой численности студентов – 2170 человек.

В связи с тем, что корпус института является одним из крупнейших потребителей ЭЭ, составление прогноза с минимальной ошибкой представляет собой важную задачу.

Первый способ моделирования – АРПСС. Этот способ позволяет делать краткосрочные прогнозы с минимальными ошибками. Первоначальная задача состоит в том, чтобы определить значимость коэффициентов корреляции и в дальнейшем правильно подобрать параметры авторегрессии прогнозной модели. Для этого строятся функции автокорреляции и частной автокорреляции.

Сезонная зависимость потребления ЭЭ является преобладающей тенденцией и обусловлена в большей степени фактором температуры воздуха, что связано с электрическим обогревом помещений, поэтому сезонность будет считаться значимым коэффициентом.

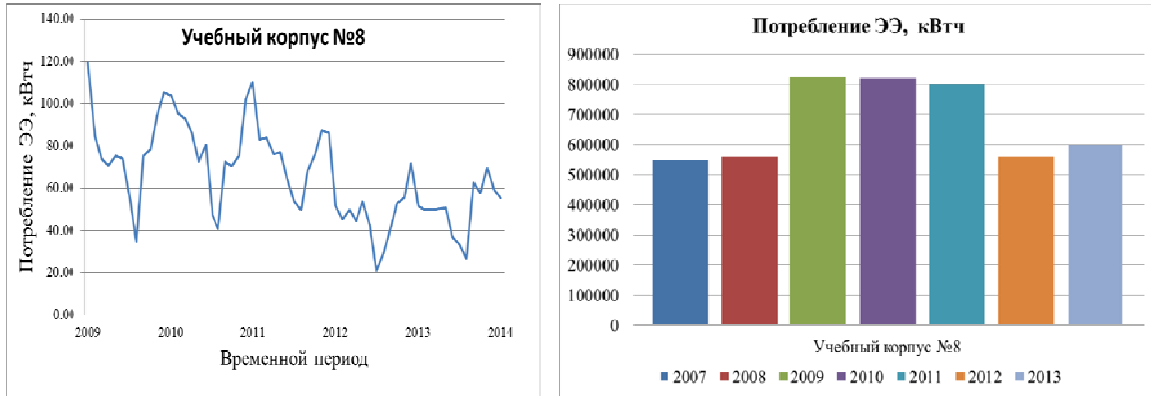


Рисунок 1. Потребление электроэнергии учебным корпусом № 8

Прогнозирование методом АРСС в конкретном случае дает ошибку в 14,6 %. Сократить данное значение можно увеличением объема исходных данных, к примеру, использовать значения потребления ЭЭ не за 3 месяца, а за полгода и более. Таким образом, погрешность модели можно снизить до 8 % и менее, если точнее подобрать значимые факторы и коэффициенты.

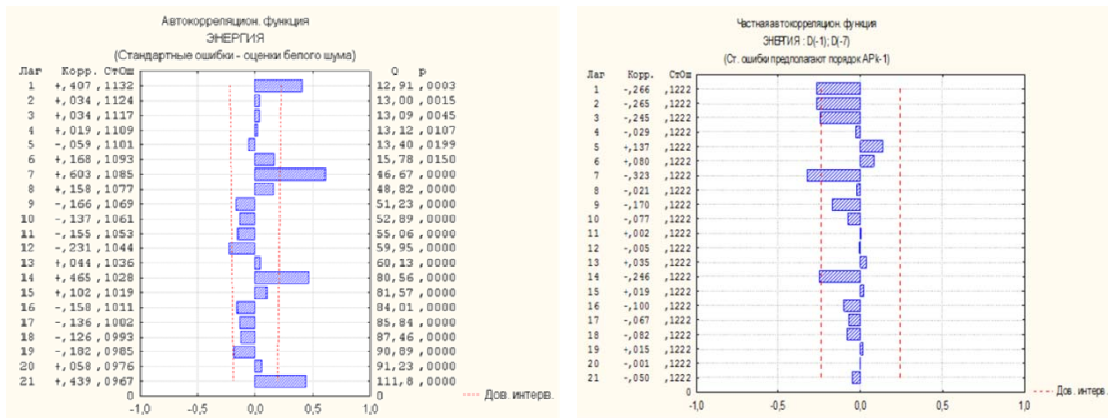


Рисунок 2. Функции автокорреляции и частной автокорреляции

Второй способ моделирования – нейронные сети. Подобным способом можно составлять прогнозы на длительный период времени, но с большей погрешностью. Качество модели можно оценить по диаграмме рассеяния, приведенной на рис. 4. Значения прогноза должны группироваться на одной прямой без значительных выбросов за ее пределы. Так же оценку можно провести по распределению остатков, значения на данной диаграмме должны располагаться около нуля.

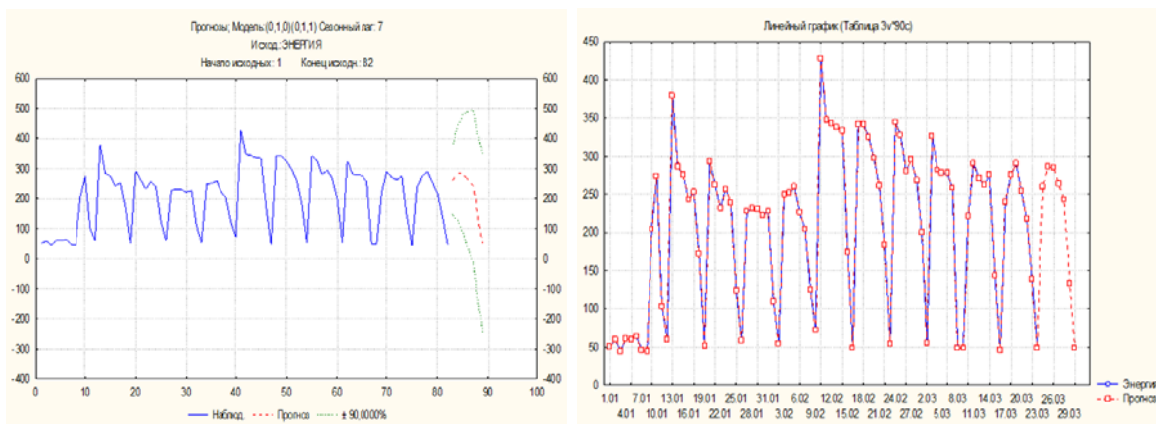


Рисунок 3. Пример прогнозирования на неделю вперед

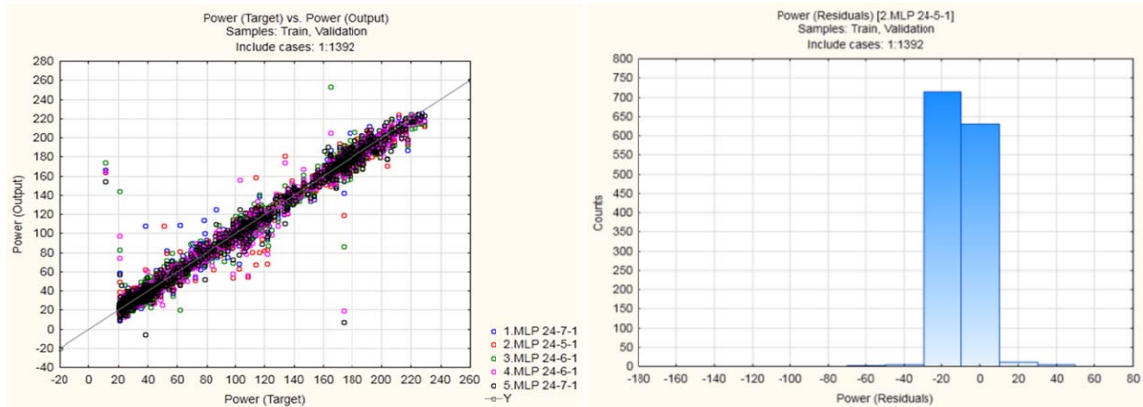


Рисунок 4. Диаграмма рассеяния (а), диаграмма распределения остатков (б)

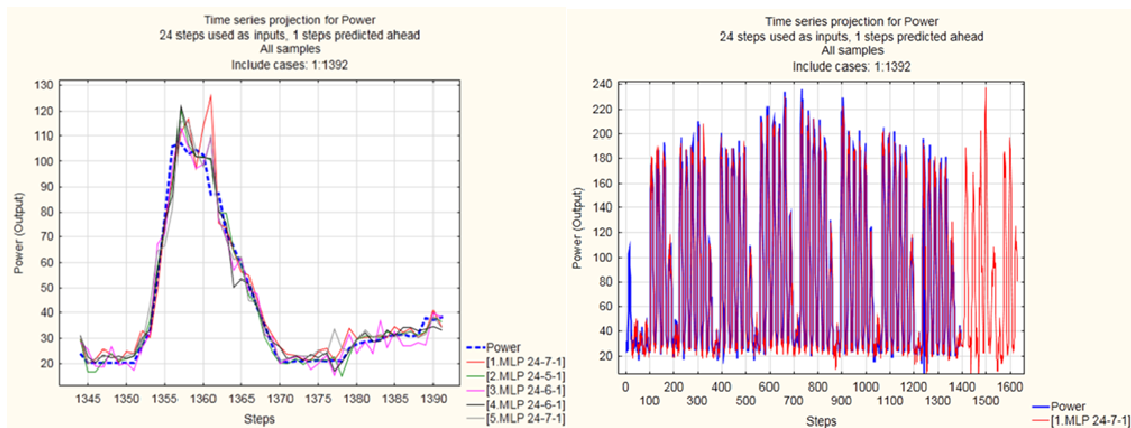


Рисунок 5. Прогноз потребления ЭЭ методом нейронных сетей

Прогнозирование с помощью нейронных сетей дает общее представление о дальнейшей динамике временного ряда. Ошибка построения модели растет с увеличением периода прогноза. В данном случае погрешность составила 9 %.

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы: потребление ЭЭ имеет явную сезонную структуру, равную 7-ми суткам; наблюдается трендовое снижение потребления, связанное с повышением среднесуточной температуры; полученный прогноз довольно высокого качества, но вероятно, годится только для применения в короткие сроки; для получения среднесрочного и долгосрочного прогноза необходимы дополнительные данные.

Прогноз с наименьшей погрешностью дает представление о том, как будет развиваться потребление ЭЭ в дальнейшем, можно проследить, как влияют внешние факторы, такие как температура и влажность на потребление других ресурсов (тепло, горячая и холодная вода). Точно построенная модель позволит оценить нужные объемы электрической энергии для всего корпуса и даст возможность заключить договор с энергоснабжающей организацией на выгодных условиях, не переплачивая за фактически большее или меньшее потребление.

В настоящее время предоставлено большое количество методов прогнозирования временных рядов. Линейка методов начинается от самых простых и заканчивается довольно сложными адаптивными методами, которые применяются в основном на крупных предприятиях, с целыми отделами занимающимися данным вопросом. Выбор оптимального метода определяется для каждого потребителя индивидуально. Нет универсального метода прогнозирования. Метод должен быть выбран таким образом, чтобы учитывать специфику предприятия, при решении задач предприятия.

Так же метод должен непрерывно дополняться, и изменяться с развитием потребителя, изменением цены и ситуации на рынке, учитывать изменения прочих, появляющихся факторов. От эффективности работы метода зависит эффективность принимаемых на их основе решений, от которых напрямую зависит конечный финансовый результат деятельности потребителя.

### Список литературы

1. Мозгалин А.В. Информационно-методическое обеспечение прогнозирования часовых объемов электропотребления при выходе предприятия на оптовый рынок электрической энергии. Автореферат диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук. – Москва : Изд-во МЭИ (ТУ). – 2004. – 20 с.
2. Головкин Б.Н. Прогноз электропотребления промышленного предприятия в условиях нестабильной экономики [Текст] / Б.Н. Головкин, В.Н. Пирогов, А.П. Старцев // Промышленная энергетика. – 1996. – № 2. – С. 8–12.
3. Кудрин Б.И. Методика обеспечения почасового прогнозирования электропотребления предприятий с учетом погодных факторов [Текст] / Б.И. Кудрин, А.В. Мозгалин // Вестник МЭИ. – 2007. – № 2. – С. 105–108.

# ПЛАЗМЕННАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ОТРАБОТАВШЕГО ЯДЕРНОГО ТОПЛИВА

Т.Е. Пироженко

tep2@tpu.ru

*Научный руководитель: Каренгин А.Г., к.ф.-м.н., доцент кафедры «Техническая физика» НИ ТПУ*

Основной технологии переработки ОЯТ радиохимических заводов является ПУРЕКС-процесс, обеспечивающий высокую степень извлечения урана и плутония из ОЯТ при их экстракции из водно-хвостовых растворов трибутилфосфатом (ТБФ) с различными органическими разбавителями (керосин, гексахлорбутadiен и др.), которые с течением времени теряют свою эффективность и превращаются в горючие отходы переработки ОЯТ (ГОП ОЯТ) [1].

Оставшиеся после первого экстракционного цикла без урана и плутония отходы переработки ОЯТ (ОП ОЯТ) представляют собой слабоконцентрированные водносолевые растворы металлов, имеющие следующий модельный состав [2]:  $H_2O$  – 81,43 %,  $HNO_3$  – 18,0 %, Fe – 0,07 %, Mo – 0,10 %, Nd – 0,11 %, Y – 0,06 %, Zr – 0,058 %, Na – 0,04 %, Ce – 0,039 %, Cs – 0,036 %, Co – 0,031 %, Sr – 0,026 % и др.

По действующей технологии ОП ОЯТ выпаривают, добавляют химические реагенты (силикаты, бораты и др.), остекловывают и захоранивают [1]. Эта технология многостадийна, требует химических реагентов и значительных энерго- и трудозатрат. Существенное снижение энергозатрат может быть достигнуто при совместной плазменной утилизации этих отходов в виде оптимальных по составу горючих водно-солеорганических композиций (ВСОК).

## Расчет показателей горения водно-органических композиций на основе ГОП ОЯТ и ОП ОЯТ

Достаточное и полное сгорание горючих отходов в камерах с малыми потерями тепла наблюдается у отходов, имеющих низшую теплоту сгорания не менее 8,4 МДж/кг и адиабатическую температуру горения  $T_{ад} \geq 1200$  °С [3].

На рисунке 1 показано влияние содержания ТБФ и ОП ОЯТ на адиабатическую температуру горения ВСОК «ГОП ОЯТ – ОП ОЯТ».

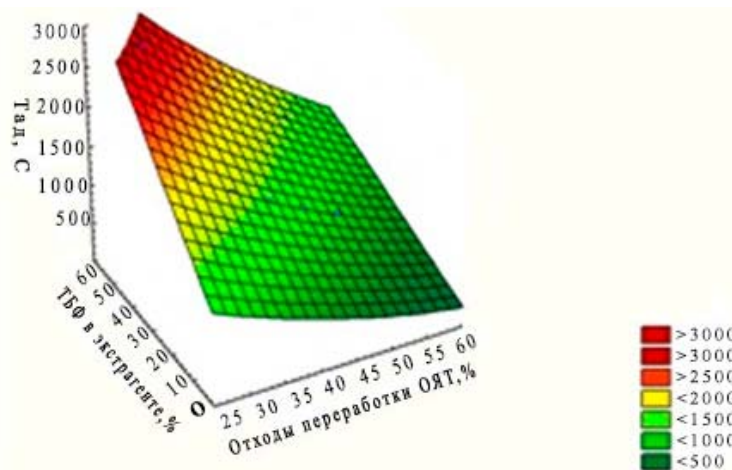


Рисунок 1. Влияние содержания ТБФ и ОП ОЯТ на адиабатическую температуру горения ВСОК «ГОП ОЯТ – ОП ОЯТ»

С учетом полученных результатов может быть рекомендован для практической реализации следующий состав оптимальной горючей ВСОК: 50 % ГОП ОЯТ : 50 % ОП ОЯТ.

## Расчет равновесных составов продуктов плазменной утилизации ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ

Для определения оптимальных режимов исследуемого процесса проведены расчёты равновесных составов газообразных и конденсированных продуктов совместной плазменной утилизации ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ в воздушной плазме в виде ВОК.



На рис. 2 представлены характерные равновесные составы газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов совместной плазменной утилизации ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ при массовой доле воздушного плазменного теплоносителя 65 %.

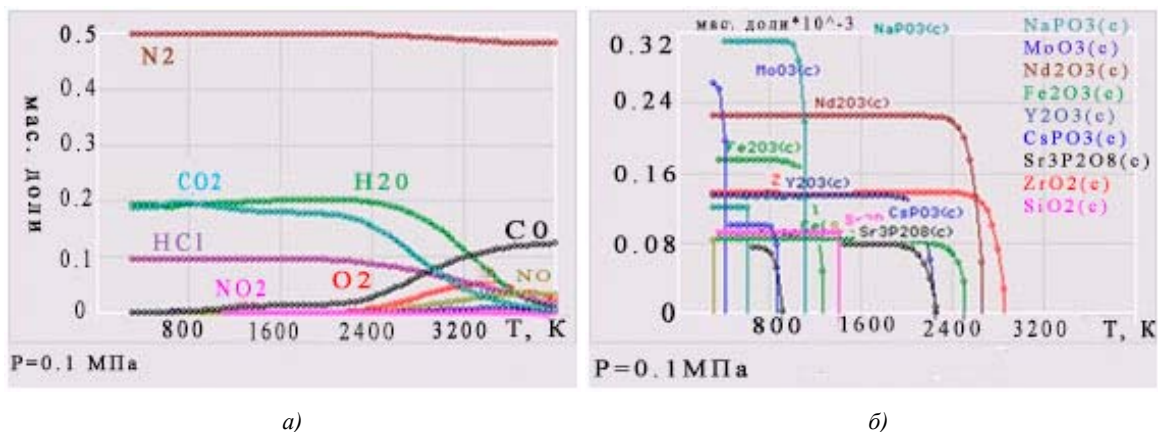


Рисунок 2. Равновесный состав газообразных (а) и конденсированных (б) продуктов совместной плазменной утилизации ГОП ОЯТ и ОП ОЯТ в воздушной плазме: (65 % Воздух : 35 % ВОК)

Из анализа графиков следует, что основными газообразными продуктами являются  $N_2$ ,  $H_2O$ , и  $CO_2$ , а в конденсированной фазе - простые и сложные оксиды металлов. Отсутствие сажи  $C(s)$  и низкое содержание  $CO$ ,  $NO$ ,  $NO_2$ , указывают на экологически безопасный режим утилизации.

С учётом полученных результатов рекомендованы для практической реализации процесса в воздушной плазме следующие оптимальные режимы: состав ВСОК (50 % ГОП ОЯТ:50 % ОП ОЯТ); массовое отношение фаз (65 % Воздух : 35 % ВСОК); температура ( $1500 \pm 100$ ) К.

#### Оптимизация режимов работы плазменного стенда на базе ВЧФ-плазмотрона

На рис. 3 представлена схема плазменного стенда на базе ВЧФ-плазмотрона, на котором были проведены исследования процесса плазменной утилизации данного отходов в воздушно-плазменном потоке в виде модельных диспергированных ВСОК.

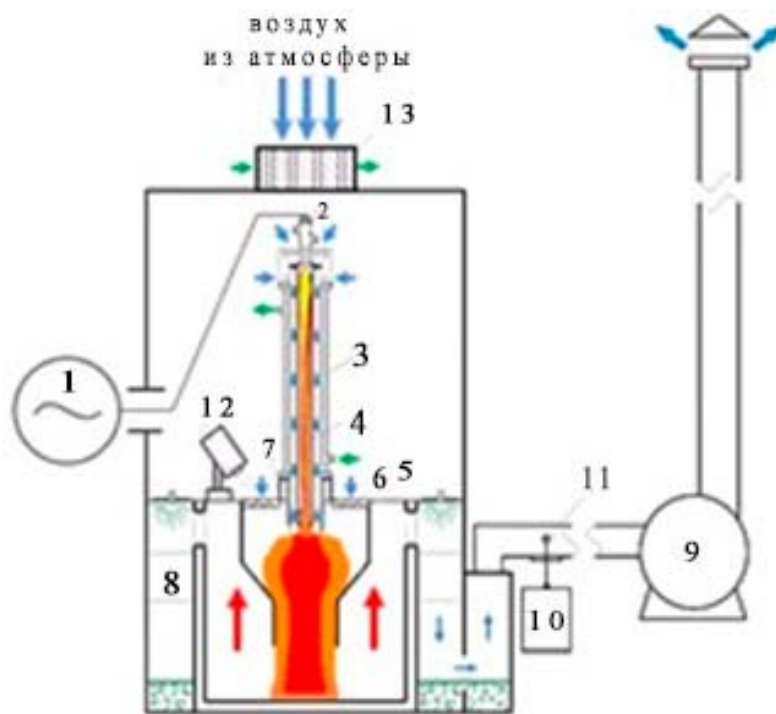


Рисунок 3. Плазменный стенд на базе ВЧФ-плазмотрона



Плазменный стенд включает: высокочастотный генератор 1, электрод 2, ВЧФ-плазмотрон 3, ВЧФ-разряд 4, реактор 5, импеллер реактора 6, диспергатор 7, узел «мокрой» очистки 8, вытяжной вентилятор 9, газоанализатор 10 с пробоотборником 11, цифровой пирометр 12, калорифер 13.

Результаты проведенных исследований могут быть использованы при создании технологии энергоэффективной плазменной утилизации ОП ОЯТ и ГОП ОЯТ, а также других отходов создаваемого российского замкнутого ЯТЦ в виде оптимальных по составу горючих ВСОК.

#### **Список литературы**

1. Скачек М.А. Обращение с отработавшим ядерным топливом и радиоактивными отходами АЭС / М.А. Скачек. – Москва : Издательский дом МЭИ, 2007.
2. Аналитические методы определения компонентов жидких радиоактивных отходов / Ю.А. Пантелеев, А.М. Александрук, С.А. Никитина и др. – Ленинград : Труды Радиового института им. В. Г. Хлопина, 2007. – Т. XII. – С. 124–147.
3. Бернадинер М.Н. Огневая переработка и обезвреживание промышленных отходов / М.Н. Бернадинер, А.П. Шурьгин. – Москва : Химия, 1990.

# АКУСТИЧЕСКАЯ КАМЕРА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ НАСОСНЫХ АГРЕГАТОВ

Е.А. Рыбаков, Д.П. Стариков

evgrybakov@gmail.com

Научные руководители: Мальшиенко А.М., д.т.н., профессор, ТПУ;  
Забзеев А.Г., ведущий инженер, ОАО «ТомскНИПИнефть»

## Введение

Насосные агрегаты на нефтеперекачивающих станциях находятся в работе фактически без останковки, в силу чего к ним предъявляются жесткие требования по эксплуатационной готовности, т. е. бесперебойная работа является важнейшим требованием, предъявляемым к оборудованию нефтегазотранспорта. Существующая технология предусматривает при поломке насосного агрегата включение резервного, в результате чего предприятие не несет потерь, связанных с остановом технологического процесса. При этом возникает задача выявления дефектов в неисправном оборудовании. Значительный разбор насоса с последующим выявлением неисправностей является дорогостоящим мероприятием в силу сложности оборудования, его размеров и веса.

Типовым решением ранней диагностики и сигнализации развития неисправности насосных агрегатов является регулярный мониторинг их состояния с использованием датчиков вибрации корпусных деталей и осевого смещения вала насоса. Однако показания этих приборов в реальных условиях эксплуатации характеризуют уже значительное развитие неисправности, и в случае с насосным агрегатом восстановление его работоспособности может привести к существенным финансовым и временным затратам.

Другой задачей, связанной с повышением эффективности технического обслуживания и ремонта, является точная локализация неисправного узла или поломки. Превышение допустимого уровня вибрации говорит о наличии неисправности, но для локализации причины необходимо полностью демонтировать и разобрать оборудование. Отсюда вытекает основная задача – это обнаружение и точная локализация неисправности на ранней стадии до этапа её активного проявления.

## Описание и принцип работы акустической камеры

Для решения поставленных задач авторами разработан программно-аппаратный комплекс – «акустическая камера». Он представляет собой камеру, по контуру которой расположены чувствительные элементы (микрофоны). Схема установки имеет следующий вид (рис. 1).

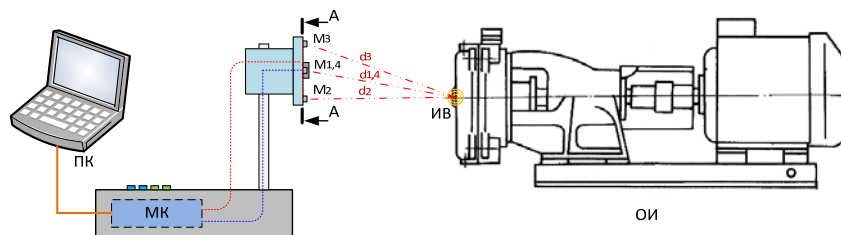


Рисунок 1. Схема акустической камеры: ПК – персональный компьютер; МК – микроконтроллер; ОИ – объект исследования (насосный агрегат); ИВ – источник вибрации;  $M_{1-4}$  – микрофоны;  $d_{1-4}$  – дистанции до источника вибрации

Акустическая камера (АК) направляется на геометрически сложный, массивный объект, каким является насосный агрегат (рис. 1). Звуковая волна до каждого из микрофонов доходит за разное время, что обусловлено разными дистанциями от источника вибрации (ИВ) до каждого из чувствительных элементов. Каждый из четырех микрофонов фиксирует одновременно поступающие звуковые волны и при резком изменении частоты, не соответствующих технологическому процессу (стук, треск и т. п.), акустическая камера фиксирует это и рассчитывает точное расположение в плоскости «некорректного» звука путем наложения вычисленных координат на изображение, полученное с камеры, с учётом расстояний от источника вибрации до микрофонов [1].

Расчет производится с использованием уравнений окружности с центрами в месте расположения микрофонов, где единственная неизвестная переменная  $z$  – интервал времени прохождения звуковой волны от источника шума до ближайшего микрофона (определяет первый радиус  $d_1$ ), рис. 2.

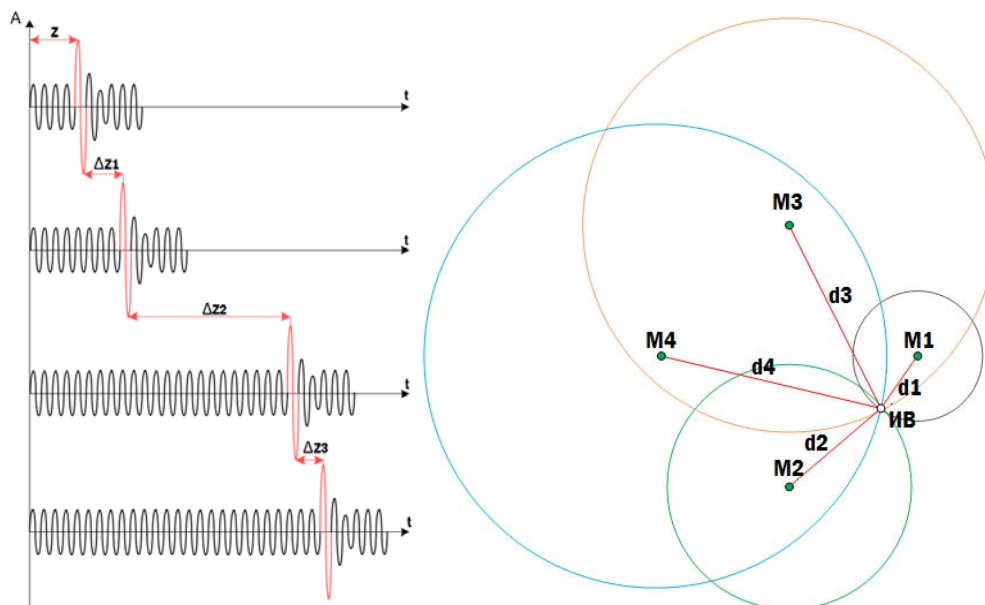


Рисунок 2. Расчет локализации неисправности

Затем из системы уравнений определяется интервал времени  $z$ , после чего из каждого центра строится окружность, и находится общая точка пересечения с координатами области, которая характеризуется «некорректным» звуком [2].

Микроконтроллер обрабатывает сигналы с аналоговых датчиков (микрофонов), преобразует их в цифровой вид и передает массивы данных на персональный компьютер, где производятся все вышеописанные расчеты. Калибровка микрофонов производится встроенными в систему потенциометрами, путем формирования эталонного звука.

Разработанное программное обеспечение, названное авторами «А-сам», автоматически на основе анализа входных массивов создает на видеокadre вероятностный градиент (область) локализации данного «некорректного» звука (по результатам расчета уравнений) и масштабирует результат под формат окна камеры (рис. 3) [3].

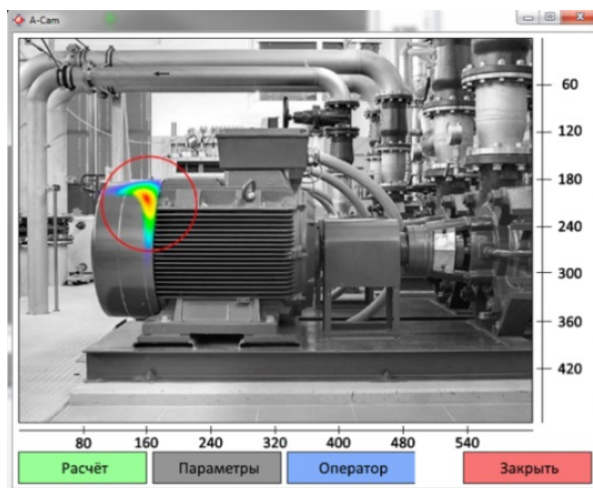


Рисунок 3. Окно наблюдения состояния контролируемого агрегата

Программное обеспечение «А-сам» позволяет оператору просматривать исторические тренды, на которых изображаются графики эксплуатационного шума насосной станции с возможностью вы-

деления его параметров для точной локализации источника вибрации. «А-сат» автоматически выделяет цветом моменты времени на временной оси, в которые был замечен подозрительный шум.

Устройство непосредственно выполнено в двух вариантах (рис. 4):

- мобильное с возможностью переноса его на любой объект и подключения непосредственно к ноутбуку;
- стационарное, как канал сигнализации в АСУ ТП насосной станции.

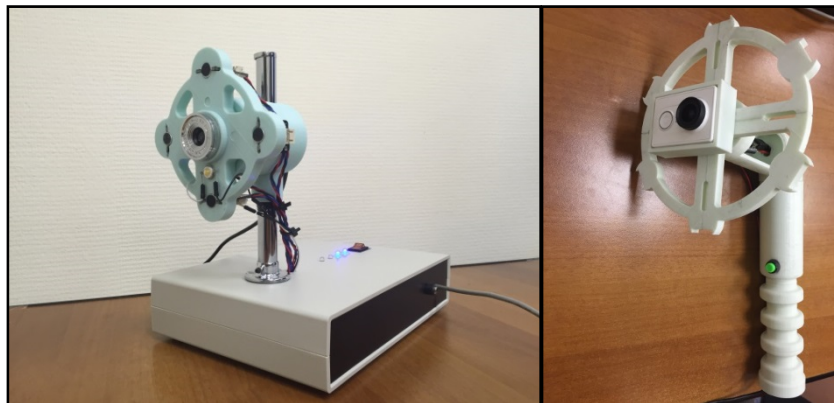


Рисунок 4. Внешний вид прототипа (слева – встраиваемое решение, справа – мобильное)

Акустическая камера имеет возможность фокусироваться на конкретном агрегате и позволяет исследовать его в зоне наблюдения, которая представляет из себя конус с углом обзора  $90^\circ$ . Данный угол можно изменять за счет изменения расположения микрофонов относительно друг друга. Посторонние звуки, источники которых находятся вне зоны наблюдения, устройством ослабляются до незначительного уровня. Созданный прототип способен фильтровать частоты, т.е. при наличии двух и более источников звука, попадающих в зону наблюдения, акустическая камера способна выбрать конкретный источник вибрации, представляющий интерес для диагностики агрегата.

Мобильное решение (рис. 4) создано специально для проведения экспресс-диагностики. Разработанное устройство является инструментом для оператора, обслуживающего насосный агрегат. Исследование агрегата производится в течение 40 секунд. После чего данные передаются по беспроводному интерфейсу на персональный компьютер, где в «А-сат» производится расчет областей «некорректных шумов» и строятся выходные видеокadres.

### Заключение

Достоинства предложенного авторами комплекса выражаются в экономическом и технологическом эффектах. Основным экономическим эффектом является уменьшение затрат на ремонт оборудования за счет увеличения срока службы агрегата. Основными технологическими преимуществами являются диагностика неисправностей на ранней стадии, за счет анализа программной системой трендов эксплуатационного шума агрегата и точная локализация выявленной неисправности в визуальной плоскости насосного агрегата, перпендикулярно которой направлена акустическая камера. Кроме того, гибкость настройки программно-аппаратного комплекса «акустическая камера» под эксплуатационные и конструктивные особенности оборудования обеспечивает простоту интеграции в действующие на предприятии информационные системы управления производством.

К общим достоинствам разработанного программно-аппаратного комплекса следует отнести также:

- возможность предупреждения аварийных ситуаций;
- регулярность диспетчерского контроля состояния агрегата;
- мобильность при использовании;
- раннее предупреждение аварийных ситуаций.

Разработанная акустическая камера может использоваться не только в нефтегазовой отрасли, но и на любом производстве, где необходим регулярный контроль состояния оборудования, а именно в химической промышленности, энергетике и пр. При дальнейшей доработке экспертной системы, заложенной в программном обеспечении и внесении некоторых изменений в конструкцию устройства, появляется возможность перенастроить акустическую камеру под диагностику различного оборудования, например, двигателей внутреннего сгорания.

### Список литературы

1. Рыбаков Е.А. Акустическая камера для проведения экспресс-диагностики насосных агрегатов и компрессорных станций / Е.А. Рыбаков, Д.П. Стариков, Е.И. Громаков // Информационные технологии в науке, управлении, социальной сфере и медицине: сборник научных трудов II Международной конференции, Томск, 19-22 Мая 2015. – Томск : Изд-во ТПУ, 2015. – Т. 2. – С. 61–63.
2. Rybakov E.A., Starikov D.P., Berchuk D.Y. Ultrasonic detection apparatus for scanning 3D objects // Applied Mechanics and Materials. – 2015. – Vol. 738–739.
3. X. Huang Real-time algorithm for acoustic imaging with a microphone array // The Journal of the Acoustical Society of America, vol. 125, no. 5. – 2009. – pp 150–155.

# ПРИМЕНЕНИЕ КУБИЧЕСКОГО КАРБИДА ВОЛЬФРАМА $WC_{1-x}$ , ПОЛУЧЕННОГО С ПОМОЩЬЮ УСКОРИТЕЛЯ ПЛАЗМЫ, В КАЧЕСТВЕ ЭЛЕКТРОКАТАЛИЗАТОРА В ТОПЛИВНЫХ ЭЛЕМЕНТАХ

К.Н. Шатрова

shatrova.xiusha@yandex.ru

*Научный руководитель: Сивков А.А., д.т.н., профессор, Томский политехнический университет*

## Введение

Водородный топливный элемент (ТЭ) представляет собой электрохимическое устройство, преобразующее энергию химической реакции соединения водорода с кислородом напрямую в электричество, минуя малоэффективные процессы горения. Такое электрохимическое превращение позволяет ТЭ достигать КПД до 80 %. Кроме того, ТЭ не производит вредных выбросов, так как единственным продуктом реакции при его работе является вода. Поэтому в настоящее время топливные элементы рассматриваются как перспективные источники электрической энергии, однако их широкому применению препятствует ряд факторов, основным из которых является высокая стоимость. Высокая стоимость ТЭ обусловлена использованием электродов с нанесенным на них платиновым катализатором. Таким образом, разработка недорогих электрокатализаторов с высокой активностью для топливных элементов является ключевой задачей [1–3].

С тех пор как R.V. Levy and M. Boudart [4] обнаружили, что карбид вольфрама обладает каталитическими свойствами, аналогичными металлам платиновой группы для некоторых химических реакций, ученые стали предпринимать попытки его применения в топливных элементах. Однако вскоре было обнаружено, что использование одного карбида вольфрама в качестве катализатора для ТЭ не показывает ожидаемой активности. При этом было замечено, что при взаимодействии платина и карбид вольфрама проявляют синергетический эффект, который заключается в повышении электрокаталитической активности относительно платинового катализатора [5].

В настоящее время предлагаются различные методы получения карбидов вольфрама для использования их в качестве подложки для платины в топливных элементах. Y. Hara, N. Minami and H. Itagaki представили метод получения различных фаз карбидов вольфрама с высокой площадью поверхности. Синтезированные таким образом карбиды показали следующее соотношение электрокаталитической активности для реакции окисления водорода:  $WC > WC_{1-x} > W_2C$ . При этом добавление небольшого количества Pt к WC способствовало заметному увеличению анодной тока. Кроме того, удельная активность таких карбидов оказалась выше, чем у коммерческого катализатора [5]. Наночастицы карбида вольфрама (WC) были получены на пластинчатых углеродных нановолокнах (p-CNFs) для использования в качестве катализатора в прямых щелочных топливных элементах. Синтезированный материал WC/p-CNFs показал улучшенную каталитическую активность в отношении реакции окисления этанола по сравнению с p-CNFs благодаря синергетическому эффекту между наночастицами WC и нановолокнами p-CNFs, при котором максимальная плотность тока составила  $9,0 \text{ mA} \cdot \text{cm}^{-2}$  [6]. В работе [7] представлен процесс химического синтеза мезопористого композиционного материала, состоящего из платины Pt, карбида вольфрама WC и углерода C. Полученный композит показал улучшенные характеристики процесса окисления метанола, о чем свидетельствовало увеличение максимальной плотности тока по сравнению с использованием угольной пластины (матрицы) с нанесенным коммерческим платиновым катализатором.

В данной работе предлагается метод получения кубической фазы карбида вольфрама  $WC_{1-x}$  в процессе прямого плазмодинамического синтеза для дальнейшего его использования в качестве основного компонента электрокатализатора в топливных элементах.

## Экспериментальная часть

Предлагаемый способ получения  $WC_{1-x}$  основан на использовании коаксиального магнито-плазменного ускорителя (КМПУ) [8]. Подробно методика проведения эксперимента описана в наших предыдущих работах [9, 10].

В качестве исходного реагента использовался микронный порошок вольфрама, который закладывался в зону формирования плазменной структуры сильноточного дугового разряда.

Импульсное электропитание КМПУ осуществлялось от емкостного накопителя энергии емкостью 6,0 мФ и зарядным напряжением 3,0 кВ. При подключении источника питания разрядный ток протекал по порошкообразной вольфрамовой перемычке, материал которой переходил в плазму, которая ускорялась в графитовой коаксиальной системе.

Плазменный выстрел производился в камеру-реактор, заполненную аргоном при нормальных условиях.

Просвечивающая электронная микроскопия (ТЕМ) продукта синтеза выполнена с помощью микроскопа JEOL JEM 2100F.

Электрокаталитические свойства синтезированного карбида вольфрама  $WC_{1-x}$  исследовались с помощью электрохимического анализатора Potentiostat CHI760e (CH Instruments).

### Результаты аналитических исследований

На рис. 1 представлены результаты просвечивающей электронной микроскопии продукта синтеза. Анализ микроэлектронных снимков показал, что полученный материал состоит из двух типов объектов: первый – округлые темные частицы размером до 60 нм, соответствующие фазе кубического карбида вольфрама; второй – менее плотные объекты, представляющие собой графитовую матрицу [9].

На картине дифракции электронов (рис. 1, б) можно идентифицировать 2 размытых кольца, принадлежащие фазе ультрадисперсного графита, и отдельные максимумы, соответствующие межплоскостным расстояниям кубического карбида вольфрама  $WC_{1-x}$ .

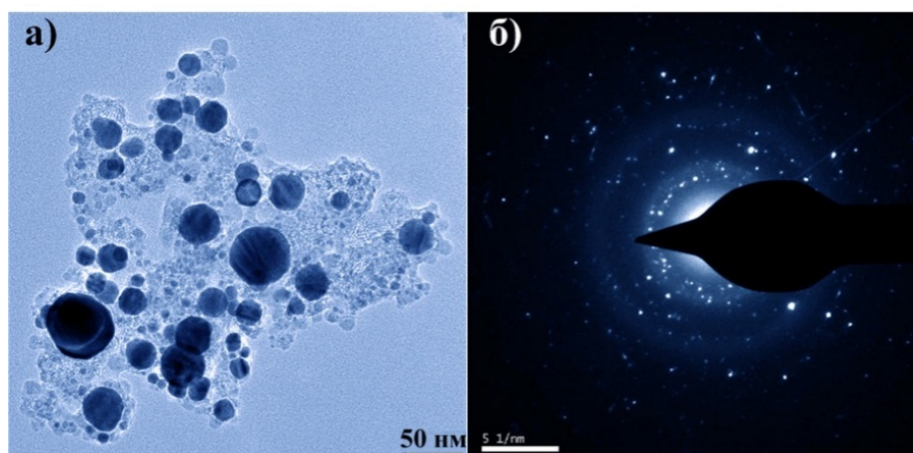


Рисунок 1. Результаты просвечивающей электронной микроскопии высокого разрешения

На рис. 2 представлены графики Тафеля для реакции окисления водорода при использовании только синтезированного  $WC_{1-x}$  (WC); смеси 10 % (масс) промышленного платинового катализатора Pt и 90 % (масс) синтезированного  $WC_{1-x}$  (10Pt-WC); смеси 20 % (масс) Pt и 80 % (масс)  $WC_{1-x}$  (20Pt-WC); промышленного платинового катализатора на углеродном носителе (Pt-C). Были найдены значения тафелевских наклонов для исследуемых образцов:  $WC > 20Pt-WC > 10Pt-WC > Pt-C$ . Согласно полученному соотношению, скорость переноса зарядов в реакции электроокисления водорода у образца 10Pt-WC практически не отличается от Pt-C, т. е. каталитические активности 10Pt-WC и Pt-C почти одинаковы.

Кроме того, была исследована стабильность  $WC_{1-x}$ . На рисунке 3 приведены кривые поляризации, полученные для кубического  $WC_{1-x}$ . Эти поляризационные кривые были зафиксированы изначально для свежеприготовленных электродов, а затем после 500 и 1000 потенциальных циклов. Как видно из рисунка 3, мы наблюдаем неожиданный результат: после 1000 циклов активность  $WC_{1-x}$  практически не изменилась.



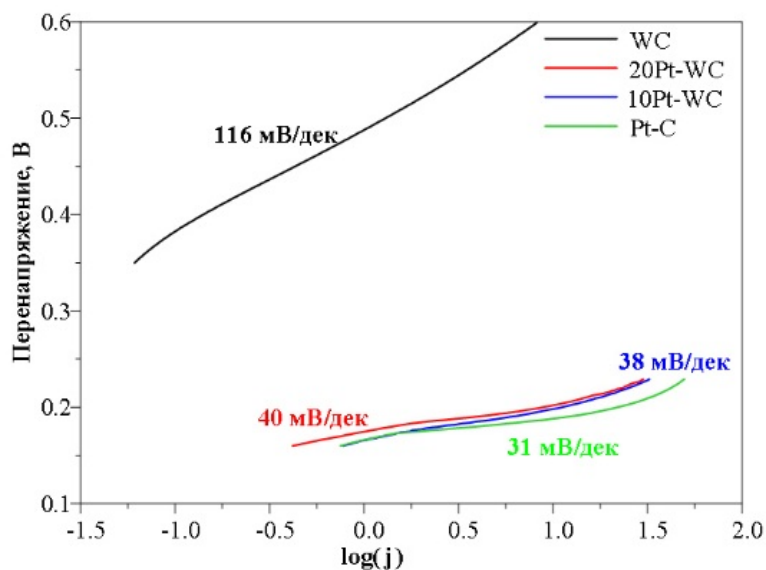


Рисунок 2. Графики Тафеля для реакции окисления водорода

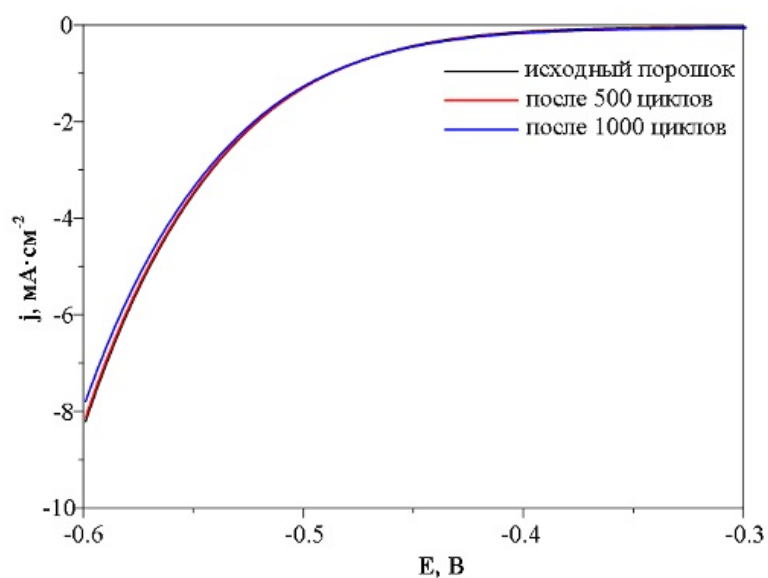


Рисунок 3. Результаты исследования стабильности  $WC_{1-x}$

### Заключение

Таким образом, в данной работе показана возможность использования кубического карбида вольфрама, полученного с помощью коаксиального ускорителя плазмы, в качестве альтернативного высокоактивного платинозамещающего катализатора для топливных элементов. А также было обнаружено, что в электрокатализаторе для ТЭ содержание платины может быть снижено до 10 % (масс) за счет замещения кубическим карбидом вольфрама при практически неизменной активности.

### Список литературы

1. K. Huang, K. Bi, J.C. Xu, C. Lianga, S. Lin, W.J. Wang, T.Z. Yang, Y.X. Duc, R. Zhang, H.J. Yang, D.Y. Fan, Y.G. Wang, M. Lei // *Electrochimica Acta*, v. 174, p. 172, (2015).
2. A. Hassan, V.A. Paganin, E.A. Ticianelli // *Applied Catalysis B: Environmental*, v. 165, p. 611, (2015).



3. Ch. Tang, D. Wang, Zh. Wu, B. Duan // *International Journal of Hydrogen Energy*, v. 40, № 8, p. 3229, (2015).
4. R.B. Levy, M. Boudart // *Science*, v. 181, p 547, (1973).
5. Y. Hara, N. Minami, H. Itagaki // *Applied Catalysis A: General*, v. 323, p.86, (2007).
6. Y. Oh, S.-K. Kim, D.-H. Peck, J.-s. Jang, J. Kim, D.-H. Jung // *Int. J. of Hydrogen Energy*, v. 39, № 28, p.15907, (2014).
7. Ch. Ma, L. Kang, M. Shi, X. Lang, Y. Jiang // *J. of Alloys and Compounds*, v. 588, p.481, (2014).
8. А.А. Сивков, А.Я. Пак // Патент РФ № 2431947. H05H 11/00, F41B 6/00. Коаксиальный магнито-плазменный ускоритель. Оpubл. 20.10.2011. Бюл. № 29.
9. А. Пак, А. Сивков, I. Shanenkov, I. Rahmatullin, K. Shatrova // *Int. Journal of Refractory Metals & Hard Materials*, v. 48, p. 51, (2015).
10. А.А. Сивков, А.Я. Пак, I.I. Shanenkov, Y.L. Kolganova, K.N. Shatrova // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 66, № 1, p. 012001, (2014).

# АНАЛИЗ ВОЗМОЖНЫХ ФАКТОРОВ, ЯВЛЯЮЩИХСЯ ПРИЧИНОЙ ВОЗНИКНОВЕНИЯ «СОННОЙ БОЛЕЗНИ» В С. КАЛАЧИ (РЕСПУБЛИКА КАЗАХСТАН)

Ю.О. Ключникова

julia5558311@gmail.com

Научный руководитель: Рихванов Л.П., профессор кафедры геоэкологии и геохимии

С. Калачи (каз. Калачи) – село в Есильском районе Акмолинской области Казахстана. Входит в состав Красноргорской поселковой администрации. Находится в 60-ти км выше по течению р. Есиль. Недалеко от с.Калачи находится Красногорский урановый рудник и многочисленные объекты и сооружения, входящие в основном в инфраструктуру предприятий по добыче урана на месторождении Ишимском [2]. Эксплуатация месторождения проводилась подземным способом. Ориентировочный общий объём созданного подземного пространства около 5 млн.куб.м. Ликвидация месторождения и рекультивация отвалов была завершена в 1992г. Исходя из указанной выше информации, можно предположить, что село Калачи, расположенное на высокорadioактивных гранитах с локализованными урановыми рудами, находится в зоне высокого потенциального риска от действия природных радиоэкологических факторов, которые усилены процессами ядерного техногенеза, что определяет определенную степень радиационной нагрузки данной территории.

С 22 марта 2013 жители села Калачи начали обращаться в амбулаторию с одинаковыми симптомами: нетипично долгий сон, головокружение, общая слабость, нарушение координации, частичная потеря памяти, бессознательное или полубессознательное состояние длительностью до трех суток. Учитывая эту особенность, данное заболевание в СМИ назвали «сонной болезнью». Официальное название, представленное Минздравом – «Энцефалопатия неясной этиологии». Первый зафиксированный случай произошел в июле 2012 г. В 2013 году в лечебные организации обратилось уже более 30 человек с симптомами «сонной болезни». С начала 2014 года было зарегистрировано 26 случаев. Возраст обратившихся от 12 до 81 лет.

## Результаты и анализ проведенных измерений

В результате проведения комплексных экологических исследований в 2015 г. Национальным Ядерным Центром Республики Казахстан, в число которых входило также и определение радиационных параметров, было зарегистрировано повышенное содержание радона в воздухе жилых помещений. В результате измерений было выявлено, что диапазон значений ЭРОА  $^{222}\text{Rn}$  в жилых комнатах, который составил – 8–1400 Бк/м<sup>3</sup>, в погребках – 8–15000 Бк/м<sup>3</sup>, при фоновом уровне 4–8 Бк/м<sup>3</sup> [2], что превышает установленной нормы 200 Бк/м<sup>3</sup>[1]. Дополнительно проводилось суточное измерение радона, полученные результаты представлены на рис. 1:

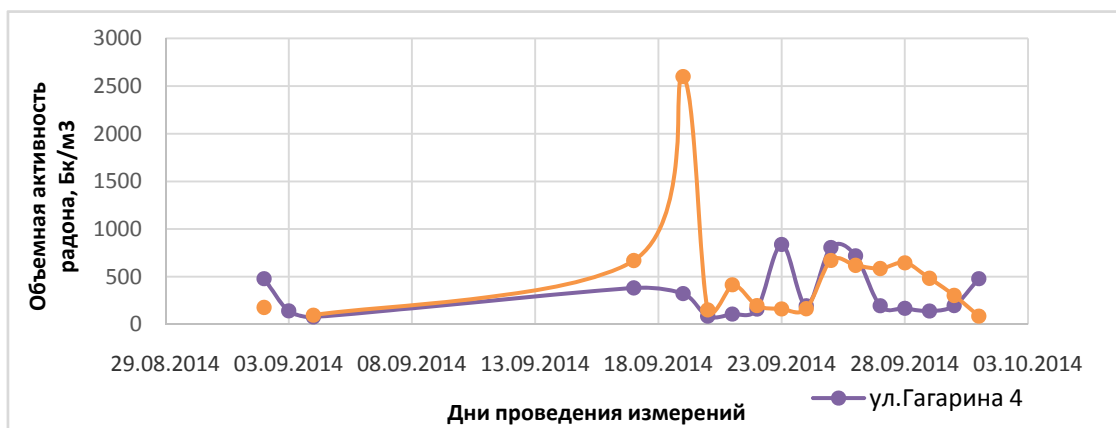


Рисунок 1. Результаты суточных измерений радона в нескольких домах с. Калачи

Полученные данные, свидетельствуют о том, что уровни содержания радона сильно варьируют в течении нескольких суток (до 130 раз).

Было отмечено, что изменение радона носит сезонный характер. Исходя из полученных данных на кафедре Геологии и геохимии Национального исследовательского Томского политехнического университета была разработана модель, объясняющая возможную причину повышенной активности концентрации радона. Известно, что в результате многолетней подземной разработки Ишимского и Любимовского месторождений, располагавшихся вблизи с. Калачи, под землей образовались обширные пустоты (ориентировочно 5 млн м<sup>3</sup>). При ликвидации заброшенные шахты были затоплены. В настоящее время откачка воды не производится. В периоды повышения температуры из-за возникающего перепада давления, а также во время весеннего снеготаяния и сезонов дождей происходит повышение уровня воды в шахтах, и, как следствие, увеличение давления на газовую смесь, что в свою очередь приводит к сезонным выходам газа на поверхность, их возможному накоплению в подвалах, жилых помещениях и другим естественным процессам.

В основном возникновение случаев «Сонного синдрома» отмечено в весенне-зимний период и наибольшее количество случаев отмечается в декабре [2]. Как отмечают авторы работы «Радоновая безопасность зданий» [3], обычно накопление радона в подвальном помещении зимой больше, чем летом.

В настоящее время опасность для населения представляет свойство радона, как инертного газа, проявлять наркотический эффект. В источнике [5] исходя из теории Мейера-Овертона наркотическое действие инертных газов обуславливается растворением в нервных тканях, что в свою очередь зависит от атомного веса – чем больше атомный вес, тем больше его растворимость и тем сильнее его наркотическое действие. Исходя из данной теории можно сделать вывод, что радон проявляет еще более сильный наркотический эффект, чем криптон, который давно используется в медицине в качестве анестетика, однако из-за радиоактивности радона его использование в качестве анестетика не известно. Вдыхание высших инертных газов в смеси с кислородом приводит человека в состояние, сходное с опьянением алкоголем.

В период марта 2013 – октября 2014 гг. специалистами Государственного санитарно-эпидемиологического надзора по Есильскому району и специалистами «Научно-практический центр санитарно-эпидемиологической экспертизы и мониторинга» были изучены нерадиационные показатели экологической обстановки с. Калачи. В ходе исследования были проведены измерения на содержание вредных веществ в воздухе, результаты которых приведены в таблице 1.

*Таблица 1. Концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе села Калачи [7]*

№	Определяемое вещество	ПДК, мг/м <sup>3</sup>	Результаты измерений, мг/м <sup>3</sup>
1	Углерода оксид	5	0,08–10
2	Углерода диоксид	нн	67–2240
3	Озон	0,03	0,0002–0,13
4	Ацетон	0,35	0,001–76

Анализируя приведенные данные можно сделать выводы, что наблюдается превышение озона в 1,3–4,3 раза значений ПДК, также можно увидеть превышение оксида углерода в 1,3–2 раза над значениями ПДК и превышение содержания ацетона в атмосферном воздухе на 2 порядка.

Ацетон представляет собой бесцветную, высокой летучестью, легковоспламеняющаяся жидкость с резким запахом. Расчетный период полураспада ацетона в крови 5 ч, а период полураспада в атмосфере составляет 22 дня. Ацетон используется в многочисленных промышленных процессах в качестве промежуточного продукта. При вдыхании, ацетон быстро всасывается и широко распространяется по всем тканям. Ацетон не считается генотоксичен или мутагенным [6]. Необходимо отметить, что ацетон относится к IV классу опасности и способен воздействовать на организм, вызывая слабый наркотический эффект. В работе [7] было отмечено, что вдыхание ацетона в половину меньше ПДК в течение суток вызывает заторможенную реакцию, т. е. увеличивается время ответа организма на любые воздействия окружающей среды. Другие исследования сообщают, что воздействие ацетона на работников соответствующих промышленных предприятий приводят к бессознательному состоянию, головокружению, неустойчивости, спутанности сознания, головной боли [8]. Анализируя схожесть симптомов в результате воздействия ацетона на организм человека и «сонной болезни» можно сделать вывод, что ацетон может являться одной из причин заболевания с. Калачи.

В ходе проведенных анализов также были выборочно отобраны пробы крови жителей с. Калачи и проведен тест на содержание патологических структур – микроядер. В результате были получены следующие значения, которые свидетельствуют о повышенном уровне содержания микроядер в крови жителей с. Калачи, значения которых варьировались от 1.4 до 6.5 %, при установленной

норме 2,0 %. Полученные результаты микроядерного теста свидетельствуют о присутствии в окружающей среде факторов, оказывающих негативное влияние на здоровье жителей и сопутствующие им генетические отклонения.

### **Выводы**

В результате проведенных исследований на территории села Калачи было выявлено повышенное содержание радона, в ряде случаев, превышающих ПДК, носящее сезонно-выбросной характер, что в свою очередь может рассматриваться как одна из вероятных причина заболевания населения, учитывая наркотические свойства радона как инертного газа. Также одной из причин возникновения «сонной болезни» является повышенное содержание в атмосферном воздухе ацетона, который также обладает наркотическими свойствами.

Анализ содержания микроядер и содержания химических элементов в образцах крови показал, что при увеличении массовой доли элементов в крови человека наблюдается рост количества микроядер, что свидетельствует о генетических отклонениях.

Одним из важнейших экологически неблагоприятных факторов на территории села Калачи являются урановые шахты, расположенные вблизи села. В процессе ликвидации шахты были затоплены водой, что в настоящее время должно привести к определенным физико-химическим процессам, в частности к гниению материалов шахт, накоплению радона и других газов в подземном пространстве. Исходя из данной информации, можно предположить, что с.Калачи находится в зоне высокого потенциального риска от действия природных радиоэкологических факторов, которые усилены процессами ядерного техногенеза, что определяет определенную степень радиационной нагрузки данной территории.

### **Список литературы**

1. Гигиенические нормативы «Санитарно-эпидемиологические требования к обеспечению радиационной безопасности» Утверждены постановлением Правительства Республики Казахстан от 3 февраля 2012 г. № 201.
2. Лукашенко С.Н. Справка. Радиоэкологическое состояние поселка Калачи (Акмолинская область, Республика Казахстан), Курчатов 2015г.
3. Радоновая безопасность зданий / М.В. Жуковский, А.В. Кружалов, В.Б. Гурвич и др. – Екатеринбург : УрО РАН, 2000.
4. Экологические исследования на территории села Калачи Есильского района Акмолинской области
5. Павлов Б.Н, Павлов Н.Б, Куссмауль А.Р, Богачева М.А, Григорьев А.И. Физиологические эффекты газовых смесей и сред, содержащих ксенон и криптон. – Режим доступа: [http://medxenon.ru/sreda\\_kxenon\\_kripton.html](http://medxenon.ru/sreda_kxenon_kripton.html)
6. Buron G., Hacquemand R., Pourié G., Brand G. Inhalation exposure to acetone induces selective damage on olfactory neuroepithelium in mice. *Neuro Toxicology* Volume 30, Issue 1, January 2009, Pages 114–120
7. Geller, E. Gause, H. Kaplan, R.J. Hartmann. Effects of acetone, methyl ethyl ketone and methyl isobutyl ketone on a match-to-sample task in the baboon. *Pharmacology Biochemistry and Behavior* Volume 11, Issue 4, October 1979, Pages 401–406
8. Ross, D.S. Acute acetone intoxication involving eight male workers. *Annals of Occupational Hygiene*. Volume 16, Issue 1, April 1973, Pages 73–75.

# РАЗРАБОТКА И ОБОСНОВАНИЕ МЕРОПРИЯТИЙ, НАПРАВЛЕННЫХ НА СОКРАЩЕНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ БЮДЖЕТНЫМИ УЧРЕЖДЕНИЯМИ В УСЛОВИЯХ ЭКОНОМИЧЕСКОГО КРИЗИСА

А.А. Черная

nastyia\_kz93@mail.ru

Научный руководитель: Климова Г.Н., кандидат технических наук, доцент, ТПУ

В настоящее время в общественных зданиях используются малоэффективные источники света, которые, как правило, не обеспечивают требуемый уровень освещенности и потребляют большое количество электроэнергии.

В соответствии с требованиями МС ISO 50001:2014 [1] каждая организация должна провести системный анализ потребляемых энергетических ресурсов на предмет их эффективного использования. В данной работе был проведен анализ потребления электроэнергии осветительными установками и рекомендованы мероприятия по улучшению эффективности системы освещения учебного корпуса [2].

Согласно Федеральному закону от 23 ноября 2009г. №261-ФЗ образовательные учреждения должны обеспечить снижение энергопотребления (объема потребляемой воды, дизельного или иного топлива, мазута, природного газа, тепловой и электрической энергии) минимум на 3 % в год в течение пяти лет [2, 3]. В образовательных учреждениях в среднем на долю освещения приходится примерно 49 % потребляемой электроэнергии. Согласно статистическим данным потребление электроэнергии за 2012 год Томским политехническим университетом составило 17500000 кВтч, из них на освещение пришлось 8575000 кВтч [4]. Экономия электрической энергии при освещении может быть достигнута как за счет уменьшения установленной мощности, так и за счет уменьшения времени использования осветительной установки.

В качестве примера оценим существующий уровень освещенности в учебной аудитории и плату за электроэнергию, потребляемую осветительными установками.

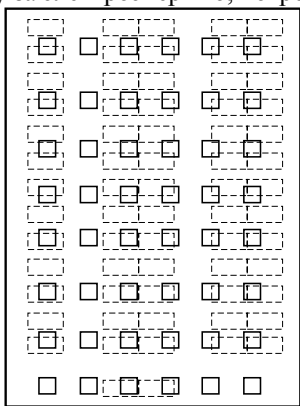


Рисунок 1. План расположения светильников в учебной аудитории

Таким образом, в рассматриваемой учебной аудитории установлено 48 светильников. Учитывая, что в каждом светильнике установлено четыре люминесцентные лампы Philips Standart 18W, общее число ламп в помещении  $N = 192$  шт.

Расчет общего равномерного искусственного освещения горизонтальной рабочей поверхности выполняется методом коэффициента использования светового потока, учитывающим световой поток, отраженный от потолка и стен. Методика данного расчета приведена в [6].

В результате проведенных замеров уровня освещенности и расчета было установлено, что спроектированная система освещения не является эффективной. Фактический уровень освещенности превышен. Это связано с тем, что световой поток в аудитории распределен неравномерно, так как данная аудитория является аудиторией амфитеатрального типа.

С удалением от входа световой поток увеличивается, так как расстояние между светильниками и рабочими поверхностями становится меньше.

Определим количество потребляемой ЭЭ за год.

Мощность осветительной установки

$$P_{\text{осв. уст.}} = N \cdot P_{\text{л}} = 192 \cdot 18 = 3456 \text{ Вт.}$$

ЭЭ потребляемая осветительной установкой за год

$$W = P_{\text{осв. уст.}} \cdot 9 \cdot 365 = 3456 \cdot 9 \cdot 365 = 11352,96 \text{ кВтч.}$$

Плата за ЭЭ с учетом потерь в ПРА

$$\Pi = W \cdot k_{\text{ПРА}} \cdot T^{(1)} = 11352,96 \cdot 1,15 \cdot 3,62325 = 47304,8 \text{ руб.}$$

В таблице 1 представлены технические характеристики используемых ламп

Таблица 1. Технические характеристики используемых ламп

Тип ламп	Напряжение, В	Мощность, Вт	Поток, лм
ЛЛ Philips Standart 18W	220	18	1080
Светодиодные ИС DS-Office-30	220	30	3500

Оценим эффективность замены существующих люминесцентных ламп (ЛЛ) на светодиодные источники света (ИС).

Для обеспечения минимума строительных работ оставим прежнее расположение светильников (см. рис. 1).

Таким образом, в учебной аудитории расположено 48 светодиодных комплектов ламп, мощностью 30 Вт. Уровень освещенности находится в требуемом диапазоне.

Определим количество потребляемой ЭЭ за год.

Мощность осветительной установки

$$P_{\text{осв.уст.}} = N \cdot P_{\text{л}} = 48 \cdot 30 = 1440 \text{ Вт.}$$

ЭЭ потребляемая осветительной установкой за год

$$W = P_{\text{осв.уст.}} \cdot 9 \cdot 365 = 1440 \cdot 9 \cdot 365 = 4730,4 \text{ кВтч.}$$

Плата за ЭЭ

$$\Pi = W \cdot T^{(1)} = 4730,4 \cdot 3,62325 = 17139,42 \text{ руб.}$$

Из расчетов видно, что при требуемом уровне освещенности во втором варианте эксплуатационная составляющая затрат гораздо ниже [5].

Определим капитальные затраты на установку светодиодных ИС.

$$K_{\text{LED}} = N \cdot C = 48 \cdot 2873 = 137904 \text{ руб.}$$

где  $N$  – количество светодиодных ламп, шт.;  $C$  – стоимость одной светодиодной лампы, руб.

В среднем продолжительность работы светодиодных ИС составляет 75000 часов, когда средняя продолжительность работы ЛЛ – 13000 часов. Таким образом, при одном жизненном цикле светодиодных ИС люминесцентные лампы необходимо будет заменить шесть раз.

Капитальные затраты на люминесцентные лампы, приведенные к периоду эксплуатации светодиодных ИС:

$$K_{\text{ЛЛ}} = N_{\text{л}} \cdot C \cdot n + N_{\text{св}} \cdot C_{\text{св}} + N_{\text{ППРА}} \cdot C_{\text{ППРА}} = 192 \cdot 61 \cdot 6 + 795 \cdot 48 + 23 \cdot 48 = 106656 \text{ руб.}$$

где  $C$  – стоимость одной люминесцентной лампы, руб.;  $C_{\text{св}}$  – стоимость светильников, руб.;  $C_{\text{ППРА}}$  – стоимость пускорегулирующей аппаратуры, руб.

Определим эффективность реконструкции системы освещения [10].

Таблица 2. Расчет чистого дисконтированного дохода для ЛЛ

T	$d_t$	$Pr_t^u \cdot d_t$	$K_t \cdot d_t$	$(Pr_t^u \cdot d_t)'$	$(K_t \cdot d_t)'$	ЧДД
1	0,900901	0	124237,8	0	124237,8	-124238
2	0,811622	23748,41	0	23748,41	124237,8	-100489
3	0,731191	23962,36	-8563,71	47710,78	115674,1	-67963,3
4	0,658731	24178,24	0	71889,02	115674,1	-43785,1
5	0,593451	24396,06	-6950,5	96285,08	108723,6	-12438,5
6	0,534641	24615,85	0	120900,9	108723,6	12177,31
7	0,481658	24837,61	-5641,18	145738,5	103082,4	42656,1
8	0,433926	25061,37	0	170799,9	103082,4	67717,47
9	0,390925	25287,15	-4578,51	196087,1	98503,93	97583,14
10	0,352184	25514,96	0	221602	98503,93	123098,1
11	0,317283	25744,83	-3716,02	247346,9	94787,91	152559

Как известно, со временем работы производительность ламп уменьшается. Согласно [8] продолжительность работы ЛЛ, обеспечивающих минимально требуемую освещенность, составляет 2000 ч., а для светодиодных ИС – 40000 часов [9]. Учет данный фактор и определим срок окупаемости светодиодных ИС с данной поправкой.

На рисунке 2 представлены графики, иллюстрирующие деградацию светового потока от времени эксплуатации, для ЛЛ и для светодиодных ИС.

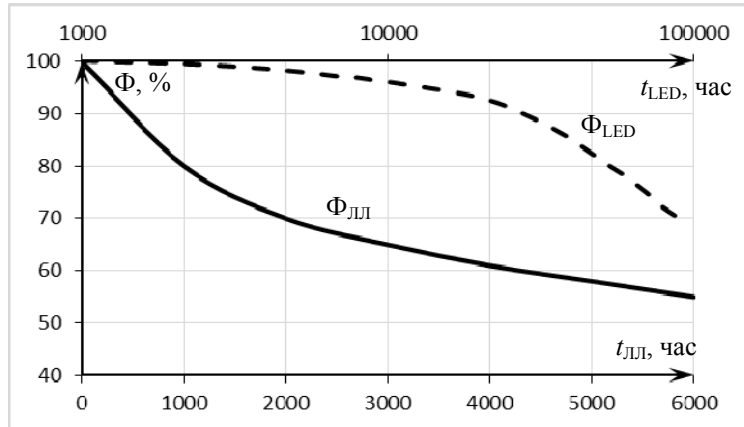


Рисунок 2. Изменение светового потока ЛЛ и светодиодных ИС в течение срока службы, %

В течение жизненного цикла одного комплекта светодиодных ИС люминесцентные лампы придется заменить 20 раз. Замена светодиодных ИС будет осуществляться 1 раз в 5 лет, а замена ЛЛ 5 раз в год. В таблице 3 представлены данные расчета чистого дисконтированного дохода.

Таблица 3. Расчет чистого дисконтированного дохода

T	$d_t$	$Pr_t^u \cdot d_t$	$K_t \cdot d_t$	$(Pr_t^u \cdot d_t)'$	$(K_t \cdot d_t)'$	ЧДД
1	0,900901	0	71481,08	0	71481,08	-71481,1
2	0,811622	23748,41	-47528,6	23748,41	23952,47	-204,057
3	0,731191	23962,36	-42818,6	47710,78	-18866,1	66576,87
4	0,658731	24178,24	-38575,3	71889,02	-57441,4	129330,4
5	0,593451	24396,06	47086,8	96285,08	-10354,6	106639,7
6	0,534641	24615,85	-31308,6	120900,9	-41663,1	162564,1
7	0,481658	24837,61	-28205,9	145738,5	-69869,1	215607,6
8	0,433926	25061,37	-25410,7	170799,9	-95279,8	266079,7
9	0,390925	25287,15	31017,54	196087,1	-64262,3	260349,3

Как видно из таблицы, положительное значение чистого дисконтированного дохода приходится на третий год эксплуатации осветительной установки, следовательно, срок окупаемости светодиодных источников света с учетом деградации светового потока составляет 2 года.

Значение срока окупаемости с учетом деградации светового потока оказалось меньше, это связано с тем, что световой поток люминесцентных ламп деградирует намного быстрее, а в расчете была учтена данная составляющая.

Таким образом, замена существующей системы освещения на светодиодные источники света является выгодной. Такая замена позволит сократить количество потребляемой электроэнергии и снизить плату за нее с 47 304,8 руб. до 17 139,42 руб., т.е. годовая экономия составит 30 165,38 руб.

### Список литературы

- ГОСТ Р ИСО 50001-2012 «Системы энергетического менеджмента».
- Тульчинская Я.И. «Методика оценки эффективности замены светильников и ламп на энергосберегающие».
- Федеральный закон от 23.11.2009 N 261-ФЗ (ред. от 13.07.2015) «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
- Лекция «Расчет осветительной нагрузки» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru:7777/SHARED/g/GARIKI/uchrab/%D0%9B%D0%B5%D0%BA%D1%86%D0%B8%D0%B8/Oswet.pdf>, свободный. – Загл. с экрана.
- Строительные нормы и правила СНиП 23-05-95 «Естественное и искусственное освещение» (утв. постановлением Минстроя РФ от 2 августа 1995 г. N 18-78) (с изменениями и дополнениями).
- Назаренко О.Б. Расчёт искусственного освещения. Методические указания к выполнению индивидуальных заданий для студентов дневного и заочного обучения всех специальностей. – Томск : Изд. ТПУ, 2011. – 15 с.

7. Министерство экономического развития Российской Федерации. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/macro/prognoz/doc20130325\\_06](http://economy.gov.ru/minrec/activity/sections/macro/prognoz/doc20130325_06), свободный. – Загл. с экрана.
8. Люминесцентные лампы. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://artillum.ru/lamps/discharge-lamps/45-fluorescent-lamps.html>, свободный. – Загл. с экрана.
9. Светодиодные источники света. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.compel.ru/lib/ne/2012/2/11-da-budet-cree-svetodiodyi-cree-dlya-vnutrennego-i-naruzhnogo-osveshheniya/>, свободный. – Загл. с экрана.
10. Климова Г.Н., Кабышев А.В. Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий: учебное пособие – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2008. – 189 с.



# МЕТОДОЛОГИЯ РАЗРАБОТКИ И ПРОДВИЖЕНИЯ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ВЕБ-ПРИЛОЖЕНИЙ

С.В. Анищенко, А.Р Герасимов., А.О.Швецов

peremitinat@mail.ru

*Научный руководитель: Перемитина Т.О., к.т.н., доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники*

В настоящее время политика в области качества разработок и услуг становится общенациональной идеей, так как проблема качества на современном этапе – это проблема выживания в острых условиях конкуренции. Быстрое увеличение сложности и размеров современных комплексов программ при одновременном росте ответственности выполняемых функций резко повысило требования со стороны заказчиков и пользователей к их качеству и безопасности применения. В настоящий момент в России по уровню производительности труда складывается благоприятная обстановка. Массовый пользователь начинает оказывать решающее влияние на формирование международного и национального рынков программного обеспечения [1]. В связи с вышесказанным возникает необходимость создания методологии разработки и продвижения программного обеспечения, чему и посвящена данная работа.

## Контекстная реклама

Одним из самых доступных и эффективных способов является контекстная реклама [2]. Контекстная реклама – вид интернет-рекламы, которая демонстрируется только пользователям, которые проявили интерес к рекламируемому продукту. Другими словами, это размещение объявлений рядом с результатами поиска по определенному набору ключевых фраз. Плата за рекламу взимается только за клики по данному объявлению. Как показывает статистика, в России ведущие сервисы показа поисковой рекламы – Яндекс.Директ, «Бегун», Google.Adwords.

Прежде чем создать рекламную компанию нужно собрать большое количество ключевых фраз и слов, по которым и будет показываться наше объявление. Большое количество ключевых фраз позволяет значительно увеличить эффективность рекламы и понизить её стоимость. По каждой ключевой фразе в режиме реального времени проходит аукцион предложенных цен. По результатам этого аукциона определяется и цена клика. Соответственно, на самых популярных запросах огромные цены за рекламу. Отсюда следует, что на других (менее популярных и очевидных) запросах, цены бывают куда ниже. Поэтому любой специалист старается охватить как можно большее количество запросов.

Процесс работы с контекстной рекламной кампанией можно разбить на несколько этапов. В рамках данной работы были рассмотрены все этапы работы с контекстной рекламой на примере сервисов Яндекса.

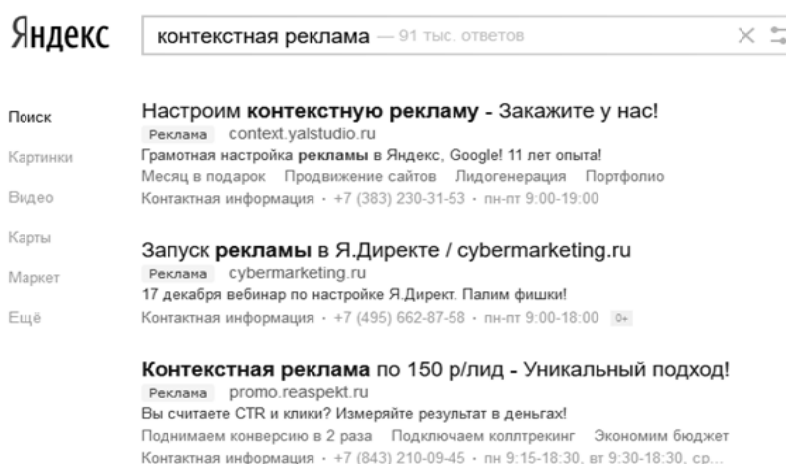


Рисунок 1. Пример контекстной рекламы Яндекс.Директ

## Составление семантического ядра

Семантическое ядро – набор слов и словосочетаний, которые описывают данный товар услугу или сайт, именно по ним будут находить информацию о компании потенциальные клиенты. Оно является фундаментом, как для контекстной рекламы, так и для сайта в целом. Одно и тоже семантическое ядро можно использовать и для контекстной рекламы, и для поисковой оптимизации (SEO). При составлении ядра очень важно взаимодействие с заказчиком, так как никто не знает язык, на котором говорит рынок, лучше него.

## Построение ключевых фраз

При помощи специальных сервисов начинается «перемножение» из категорий в семантическом ядре. На выходе получается колоссальное количество ключевых фраз, многие из которых будут использоваться довольно редко, но конкуренции на них мало и стоить они будут очень дешево. Фразы, частотность запросов которых в месяц ниже 50, лучше не использовать в своей рекламной компании, т. к. это может повысить цену рекламы.

## Создание рекламной компании и публикация

На данном этапе ключевые фразы экспортируются в таблицу Excel, где прописываются объявления и выставляются нужные настройки, прописывается «минусация». Минус слова – это слова, при участии которых в поисковом запросе данная реклама показываться не будет. Данная компания отправляется на проверку администраторам, которые проверяют ее на нарушения. Только при условии отсутствия нарушений ее допустят к показам. После чего останется только внести средства на счёт, и реклама начнёт работу. Но на этом работа не заканчивается. Дальше требуется отслеживание качества рекламы и своевременное вмешательство в её работу, для её отладки и оптимизации. Это позволяет избежать лишних затрат на рекламу, а также повысить её эффективность.

## LP - магазин

В процессе анализа средств продвижения, в качестве основы для тестирования нового продукта были выбраны: посадочная страница, как программное средство, и контекстная реклама, в качестве маркетингового средства. На основе Landing Page разработан интернет-магазин, способный с большей эффективностью осуществлять продажи большого ассортимента товаров, а также автоматизирующий некоторые бизнес-процессы. В качестве средств разработки первого тестового LP-магазина был выбран язык Python. Ниже, в таблице 1, проведен сравнительный анализ, где можно увидеть преимущества предложенного продукта – LP магазина.

Таблица 1. Сравнительный анализ сравнение преимуществ LP магазина

Характеристики и функции	Landing Page	Интернет-магазин	LP-магазин
Онлайн-оплата заказа	–	+	+
Большой ассортимент товаров на сайте	–	+	+
Одновременный заказ сразу нескольких товаров («Корзина»)	–	+	+
Высокая эффективность контекстной рекламы	+	–	+
Автоматизация процессов обработки заказов	–	+	+
Сравнительно высокая скорость технической реализации	+	–	+
Удобство и простота интерфейса пользователя	+	–	+
Применимость маркетинговых ходов, основанных на психологии покупателя	+	–	+

## Средства разработки

Для разработки использовался web-фреймворк Django и AngularJS в браузере клиента. Такой подход позволил значительно сократить время реализации проекта. Административная часть построена с использованием стандартного модуля Django Admin. Она позволяет манипулировать различными данными LP-магазина.

Полную информацию о товаре интернет-магазин получает динамически, путем использования возможностей AngularJS и реализованного REST API для Django. При нажатии клиентом на кнопку «Подробнее», находящуюся на блоке с товаром, браузер посылает запрос на сервер и в ответе приходит полное описание обуви.

**REST** (Representational state transfer) – это стиль архитектуры программного обеспечения для распределенных систем, таких как World Wide Web, который, как правило, используется для построения веб-служб. Термин REST был введен в 2000 году Роем Филдингом, одним из авторов HTTP-протокола. Системы, поддерживающие REST, называются RESTful-системами [3]. На рисунке 2 представлена схема работы AngularJS с REST API сервера.

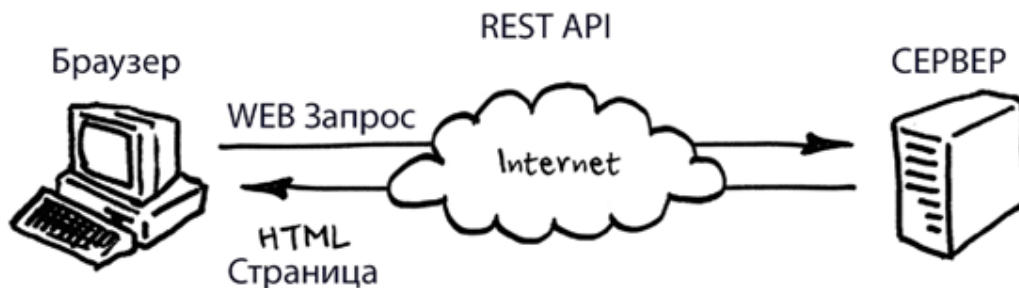


Рисунок 2. Схема работы REST API

Полученные результаты позволяют прийти к выводу, что активная практическая деятельность в направлении исследования методологии разработки и продвижения программных продуктов и веб-приложений показала целесообразность использования маркетинговых исследований.

#### Список литературы

1. Перемитина Т.О. Управление качеством программных систем : учебное пособие / Т.О. Перемитина. – Томск : Томский межвузовский центр дистанционного образования, 2011. – 228 с.
2. Агентство Яндекс Директ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://skyboom.ru/учебник/> (дата обращения 20.02.2016).
3. Архитектура REST. Habrahabr [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://habrahabr.ru/post/38730/> (дата обращения: 30.03.2016).

# АЛГОРИТМ ОБРАБОТКИ СИГНАЛОВ С ИНДУКЦИОННЫХ ДАТЧИКОВ ДЛЯ ИЗМЕРЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ПЛАЗМЫ НА УСТАНОВКАХ ТИПА ТОКАМАК

А.И. Чухонастова

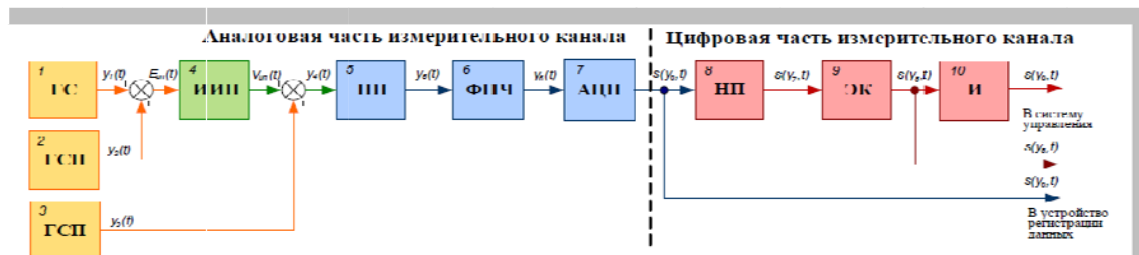
chukhonastova@gmail.com

*Научный руководитель: Обходский А.В., к.т.н., доцент НИ ТПУ*

Современные методы построения измерительных систем не исчерпывают возможности своего применения на экспериментальных установках. Они могут применяться для построения систем сбора данных с физических диагностик, для которых требования к точности, помехоустойчивости и скорости передачи данных не такие жесткие, как для систем измерения электромагнитных параметров (СМИ).

В связи с этим, целью проекта является исследование алгоритмов обработки сигналов, измерение и реконструкция параметров магнитного поля.

Система автоматизации научных экспериментов электрофизической установки (ЭФУ) по количеству реализуемых функции управления и контроля технологических параметров, составу и технологичности используемой аппаратуры является сложным программно-техническим комплексом. Поиск неисправностей функционирования и настройка такого комплекса на заданные параметры сценария эксперимента оператором представляет собой трудоемкий и медленный процесс, при этом человеческий фактор в данном процессе играет особую негативную роль. Ввиду этих причин СМИ должна функционировать в автоматическом режиме.



1- генератор сигнала; 2, 3 – генератор сигнала помехи; 4- измерительный преобразователь; 5- нормирующий преобразователь; 6-аналоговый фильтр нижних частот; 7- аналого-цифровой преобразователь; 8- нормирующий преобразователь; 9- элемент частотной коррекции; 10 –интегратор.  $y_1(t)$  – идеальный аналоговый сигнал характеризующий скорость изменения потока магнитного поля ( $d\Phi/dt$ );  $y_2(t)$  – аналоговый сигнал помехи;  $E_{ин}(t)$  – реальный сигнал;  $V_{ин}(t)$  – реальный сигнала с датчика ЭМД;  $s(y_6,t)$  – реальный сигнал после аналого-цифрового преобразования;  $s(y_8,t)$  – цифровой сигнал, характеризующий магнитный поток ( $\Phi$ );  $s(y_9,t)$  – цифровой сигнал характеризующий скорость изменения потока магнитного поля ( $d\Phi/dt$ );  $s(y_6,t)$  – необрабатываемый цифровой сигнал (код АЦП).

*Рисунок 1. Модель измерительного канала.*

Датчики ЭМД, исходя из своего принципа действия, чувствительны не только к магнитным полям, формируемым плазмой, но также к полям, формируемым обмотками электромагнитной системы. Добавочные магнитные потоки, формируемые обмотками управления токамака, рассматриваются как систематические составляющие погрешности измерительных каналов, поскольку токовые диаграммы, формируемые в обмотках, определены на всем интервале эксперимента.

Поскольку магнитный поток, пронизывающий поверхность определяется  $\Phi = B \cdot S \cdot \cos(\alpha)$  где,  $\alpha$  – угол между вектором магнитной индукции и нормалью к плоскости поверхности, а  $S$  – площадь поверхности, то зная габаритные размеры датчиков, текущий ток  $I$  в обмотках, координаты расположения датчиков  $r$  относительно обмоток управления из сигнала на выходе датчиков ЭМД вычитается значение систематической составляющей вносимой обмотками управления.

По результатам проведенного анализа сценария эксперимента и режимов работы электрофизической установки, а также, учитывая требования, обеспечивающие функциональную эффектив-

ность распределенных измерительных систем, был разработан стенд. Его схема представлена на рис. 2. При испытаниях канала передачи данных регистрация данных в ЭВМ длилась 10 с. После завершения эксперимента, полученные данные сохранялись в виде файла и передавались по интерфейсу Ethernet в сервер.

Были получены следующие результаты:

- 1) объем файла с данными составил 3201 Мбайт;
- 2) фактическое время, затраченное на сохранение данных в виде файла – 130 с;
- 3) время передачи файла в сервер – 72 с.

Время передачи данных, полученных в одном цикле измерения, во внешние системы управления составило 1.7 мкс.



Рисунок 2. Структурная схема стенда для испытания измерительных каналов

Наличие ошибок, возникающих при передаче данных, определялось путем обработки файла с полученными данными дополнительной подпрограммой, выполняющей поиск выпадений в счетной последовательности. Эксперимент повторялся 25 раз, однако в результате не было выявлено ни одной из вышеперечисленных ошибок.

В результате модельных исследований измерительного канала, был проведен анализ литературных источников, выбраны методы исследования для достижения цели проекта. В рамках проекта проводился анализ методов исследования комплексных алгоритмов и многоканальных измерительных систем для измерения параметров магнитных полей.

### Список литературы

1. Обходский А.В., Меркулов С.В. Применение метода динамической коррекции информационных сигналов с датчиков электромагнитной диагностики для повышения качества управления параметрами плазмы на физических установках типа ТОКАМАК // XV международная науч. практ. конференция молодых ученых. Современная техника и технологии: сборник трудов. – Томск, 2009. – Т.2. – С. 264–266.

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ КЛАВИАТУРНОГО ПОЧЕРКА

Е.С. Горохова

gorokhovaes@mail.ru

*Научный руководитель: Кочегурова Е.А., к.т.н., каф. АИКС НИ ТПУ*

## Введение

В настоящее время ценность информации сложно переоценить. Для ограничения доступа к ней необходимо идентифицировать пользователя. Стандартные средства аутентификации, такие как логин и пароль, уже не могут обеспечить необходимую степень защиты, поскольку всегда существует вероятность кражи или взлома пароля. Поэтому все более популярными становятся биометрические методы аутентификации. К таким методам относятся [1]:

- распознавание голоса;
- распознавание радужной оболочки глаза;
- распознавание лица;
- сканирование отпечатка пальца;
- распознавание клавиатурного почерка.

При этом несомненным достоинством методов распознавания клавиатурного почерка является экономичность внедрения соответствующего программного обеспечения. Для создания системы определения почерка нет необходимости покупать дополнительное оборудование, этот способ экономичен и удобен для пользователей, поскольку не требует от них никаких дополнительных усилий – мониторинг почерка проводится в скрытом режиме.

## Алгоритм распознавания клавиатурного почерка

Клавиатурный почерк – это набор динамических характеристик работы на клавиатуре [2]. Основными его характеристиками является время удержания клавиши и паузы между нажатиями, наличие наложений.

Время удержания клавиши – это период, в течение которого клавиша находится в нажатом состоянии. Он, как правило, измеряется, в миллисекундах.

Наложение нажатий клавиш происходит тогда, когда одна клавиша еще не отпущена, а другая уже нажимается. С повышением скорости набора текста увеличивается число наложений.

Пауза между нажатиями – это временной интервал, когда одна клавишу уже отпущена, а следующая еще не нажата.

Работа алгоритма включает два этапа. На первом этапе происходит сбор статистики: характеристик почерка пользователя. На втором этапе необходимо сравнить полученные характеристики образца почерка с эталонными значениями. Сравнение эталонов может происходить с использованием следующих методов:

- Гистограммный метод;
- Метод на основе нейронных сетей;
- Вероятностно-статистический метод.

Для реализации программного обеспечения для распознавания клавиатурного почерка был выбран вероятностно-статистический метод. При сравнении образца почерка с эталоном в данном случае используется Эвклидова мера, рассчитываемая по формуле:

$$P = \sqrt{\sum_{i=1}^N (t_{et} - t_{cur})^2},$$

где  $N$  – количество различных символов в выборке;  $t_{et}$  – эталонное время удержания клавиши;  $t_{cur}$  – текущее время удержания клавиши.

При этом отдельно рассматривается время удержания клавиш с наложением и без наложений. В качестве анализируемых символов были приняты буквы русского и английского алфавита.

## Полученные результаты

В результате работы было создано программное приложение, позволяющее определять пользователя по его клавиатурному почерку. Данное приложение имеет клиент-серверную архитектуру.

Клиентские приложения устанавливаются на компьютеры, доступ к которым необходимо контролировать. Для обучения системы пользователю предлагается вводить символы в комфортном для себя темпе. Чем больше символов будет введено и проанализировано, тем точнее в дальнейшем будет происходить сравнение почерков. После завершения обучения эталон сохраняется в базе данных. Пользователь может обучать систему несколько раз, чтобы поддерживать актуальность данных. Во время режима распознавания приложение анализирует нажатия и определяет пользователя, который находится за компьютером, путем сравнения почерка с эталонами. Полученное имя пользователя записывается в журнал. Мониторинг может проводиться в скрытом режиме. Для обучения системы пользователю также не требуется прилагать дополнительных усилий, поскольку характеристики нажатий собираются при вводе текста в любых программах, например, текстовом редакторе или браузере. Сформированные в результате работы эталоны почерка можно просмотреть в виде диаграммы или таблицы. На рис. 1 представлено окно клиентской программы, включающее табличное и графическое отображение динамических характеристик почерка в реальном масштабе времени.

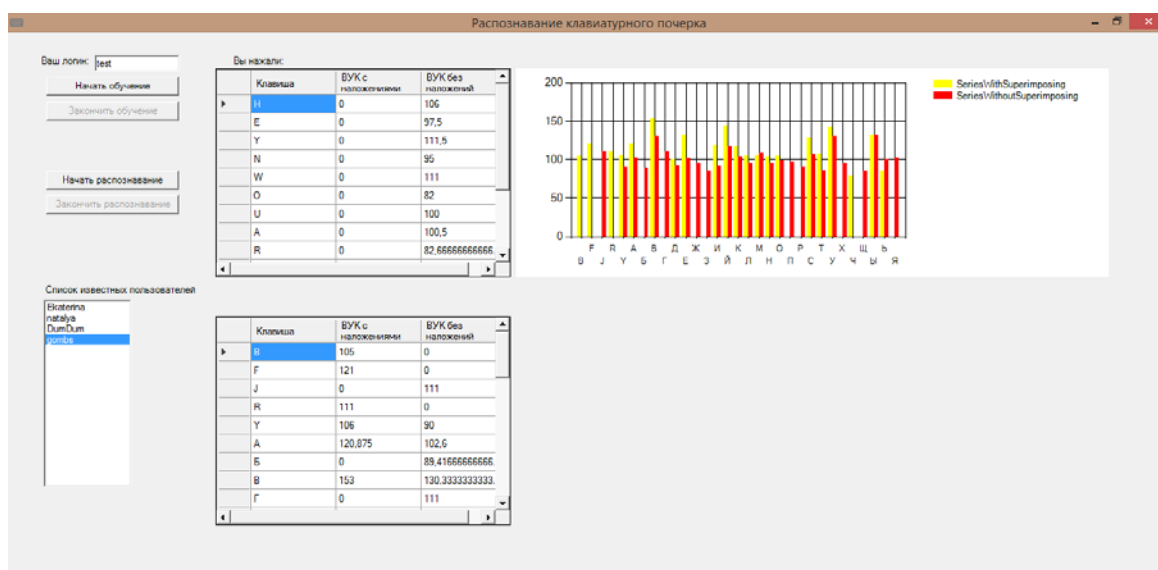


Рисунок 1. Окно клиентской программы

## Заключение

Клавиатурный почерк является одним из перспективных способов аутентификации, поскольку не существует людей с идентичным компьютерным почерком. В работе рассматриваются различные алгоритмы и методы распознавания клавиатурного почерка. Реализовано программное приложение, позволяющее собирать информацию о клавиатурном почерке пользователей, накапливать необходимую статистику и затем производить мониторинг с распознаванием пользователей по клавиатурному почерку. Такое приложение можно применять для своевременного обнаружения подмены оператора и контроля доступа к важной информации.

## Список литературы

1. Соколов Д.А. Использование клавиатурного почерка для аутентификации в распределенных системах с мобильными клиентами. Безопасность информационных технологий. 2010. – № 2. – С. 50–53.
2. Сидоркина И.Г., Савинов А.Н. Три алгоритма управления доступом к КСИИ на основе распознавания клавиатурного почерка оператора. Вестник Чувашского университета. 2013. – № 3. – С. 293–301.

# КОНЦЕПЦИЯ Р/У ТРЕНАЖЕРА ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ПЕРСОНАЛА В СФЕРЕ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБЪЕКТАМИ

Д.В. Печкин, А.Е. Суханов

pechkin.danya@mail.ru

Научный руководитель: Горюнов А.Г., доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Электроника и автоматика физических установок» Томского политехнического университета

## Цель проекта

Создание доступного и легкого в исполнении тренажера для дистанционного управления средствами манипуляции. Разработка методического пособия по обучению кадров в данной области.

## Актуальность

На современных предприятиях все чаще используются средства удаленного управления машинами, работающими в недоступных для человека местах. Управление подобными объектами занимает важную роль в атомной, химической и космической отраслях, в том числе и специальных отраслях. По большей мере все тренажеры – это весьма дорогостоящие компьютерные симуляторы, которые с трудом могут воспроизводить реальные условия и возникающие в процессе управления трудности, в особенности такие немаловажные, как психологический фактор.

Такие особенности управления возникают вследствие задержки сигнала и восприятия плоского изображения человеческим глазом из-за невозможности различать расстояния между объектами на плоском изображении и ограниченного обзора. В симуляторах специалист не может адекватно оценивать обстановку по причине нереальности происходящего, в то время как на реальном объекте решается не только эта особенность, но и возникает осознание ответственности за свои действия.

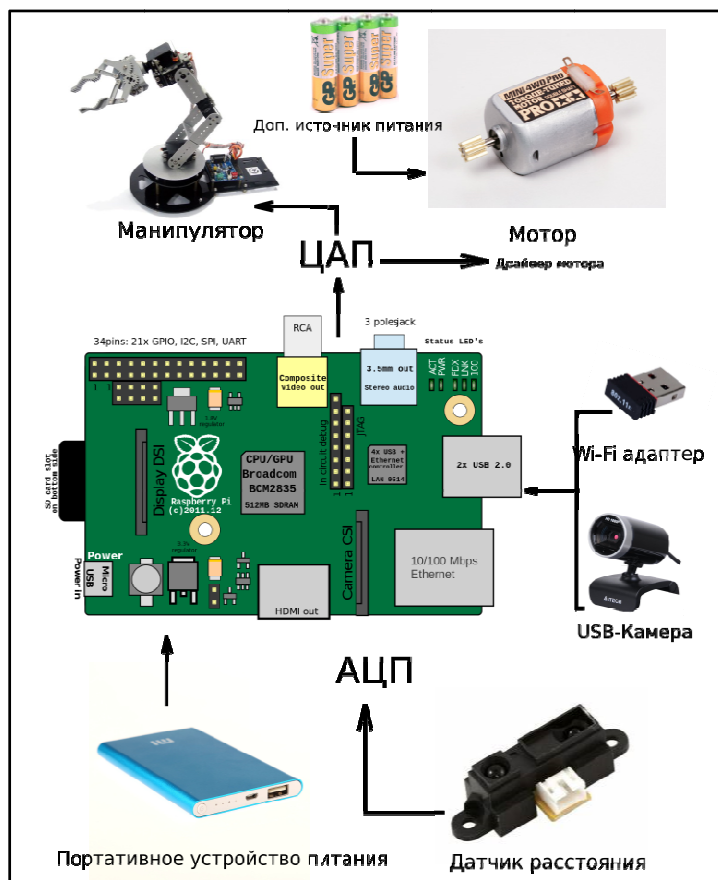


Рисунок 1. Структурная схема



### **Задачи**

- Закупка необходимых материалов.
- Монтаж.
- Отладка работы и написание программ для управления.

### **Реализация**

В качестве главного элемента тренажёра будет использоваться микрокомпьютер «Raspberry Pi». Благодаря ему мы получаем возможность подключения нескольких камер, датчиков и манипулятора, а также алгоритмизации процесса управления. Связь с микрокомпьютером будет осуществлена при помощи беспроводного соединения Wi-Fi. Такое решение позволяет быстрое развертывание защищенной от несанкционированного доступа и помех сети.

В свою очередь несколько камер и датчиков частично решают проблему определения расстояния и плохого обзора, а возможность полуавтоматического режима работы – человеческий фактор. Манипулятор расширяет возможности объекта для взаимодействия с окружающим пространством и требует внимательного подхода при обучении специалистов.

На данный момент главным недостатком является проблема взаимодействия с низкоуровневым «железом», вследствие чего необходимы дополнительные технические средства. Это ведёт к увеличению потребления энергии и габаритам самого устройства.

### **Вывод**

В итоге устройство будет задействовано в сфере телекоммуникационного управления объектами, обучении и развитии навыков соответствующих специалистов на примере приведенной модели для дальнейшей работы с подобными техническими устройствами.

### **Список литературы**

1. Хоровиц П. Искусство схемотехники / П. Хоровиц, У. Хилл. – Москва : Бином, 2014.
2. Русскоязычное сообщество пользователей raspberry [Элект. ресурс]. – Режим доступа: <http://raspberrypi.ru>.
3. Мартун Получение данных с аналоговых датчиков, подключенных к Raspberry Pi [Элект. ресурс]. – Режим доступа: <http://raspberrypi.ru/blog/571.html>.
4. Razbezhkin Подключение электромотора к Arduino [Элект. ресурс]. – Режим доступа: <https://geektimes.ru/post/253942>.
5. Tachyon Железная рука [Элект. ресурс]. – Режим доступа: <http://online-labs.ru/?p=108>.

# РАЗРАБОТКА РЕЛЬСОВОГО ПРОФИЛОМЕТРА

А.О. Плетнев, Ю.А. Чурсин

aopl066@gmail.com

Научный руководитель: Чурсин Ю.А., к.т.н., доцент кафедры электроники и автоматики физических установок (№ 24)

**Аннотация.** Контроль за степенью износа железнодорожных путей является одной из основных задач в обслуживании железнодорожного транспорта. Применение современных технологий позволит значительно повысить качество процесса контроля рельс. Принцип действия разработанного профилометра основан на измерении расстояния до рельса при фиксированном угле измерения. Применение профилометра не требует предварительной подготовки рельса к процессу измерения, а полученный в процессе измерения профиль поступает на планшет пользователя, где происходит расчёт параметров износа.

## Введение

В процессе эксплуатации железнодорожных путей происходит износ рельсового полотна. В результате износа рельса уменьшается его площадь соприкосновения с колесом, в следствии чего повышаются экономические затраты на топливо, а более серьёзный износ может привести к аварии [1]. Учитывая необходимость в применении современных технологий и повышения эргономичности процесса измерения степени износа рельс, был разработан собственный профилометр.

## Переносной рельсовый профилометр

Переносной рельсовый профилометр разработан для бесконтактной регистрации профиля головки рельса. Механизм сканирования профиля заключается в определении расстояния от датчика до рельса при фиксированном угле измерения (рисунок 1).

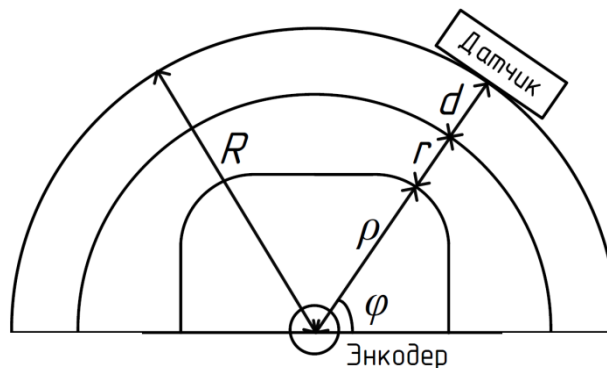


Рисунок 1. Схема процесса измерения профиля рельса

Результатом измерения профиля является одномерный массив, который хранит в себе значения расстояния от точки начала диапазона измерения до рельса. Порядковый номер  $i$  каждой точки равен количеству срабатываний энкодера за путь от точки начала измерения до точки  $i$ . Профиль рельса можно описать в полярных координатах массивом точек  $\rho$  и  $\varphi$ . Из рисунка 1 видно, что расстояние от центра окружности до профиля можно выразить по формуле  $\rho = R - d - r$ , а угол  $\varphi$  определяется по формуле  $\varphi = i \cdot k_\varphi$ . Коэффициент  $k_\varphi$  определяет количество радиан на один импульс энкодера.

В качестве датчика расстояния выступает триангуляционный лазерный датчик. Для разработанного профилометра реализована поддержка датчиков Riftek RF603 и Prizmasensors LS5. Точность измерения расстояния данными датчиками составляет  $\pm 0,1$  % от диапазона измерения. Для измерения профиля рельса применяются датчики с диапазоном в 25 мм, поэтому точность измерения расстояния датчиком составляет  $\pm 25$  мкм [3].

В качестве датчика определения угла используется инкрементальный оптический энкодер, подключенный к микроконтроллеру через D-триггер, что позволяет аппаратно определить направление вращения энкодера.

В разработанном переносном рельсовом профилометре можно выделить три основных модуля. Механический модуль (рисунок 2) представляет собой конструкцию, на которой закреплены оптический датчик и энкодер. Механический модуль крепится на рельс и обеспечивает возможность движения оптического датчика по дуге окружности вокруг головки рельса.

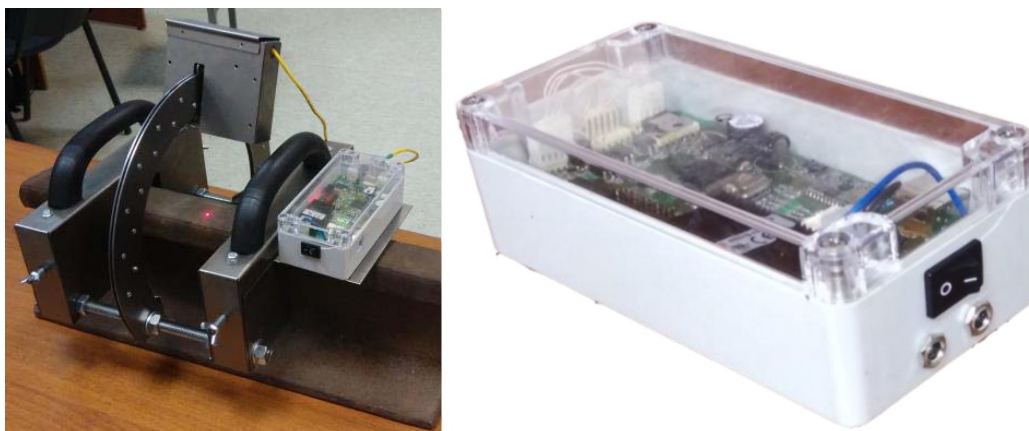


Рисунок 2. Механический модуль с установленным модулем сбора данных

Модуль сбора и обработки данных является основным логическим модулем разрабатываемого устройства. Задача данного модуля заключается в управлении режимом работы лазерного датчика, получении, предварительной обработке и отправке данных измерения профиля на устройство верхнего уровня. Итоговый вид модуля сбора данных отражен на рисунке 2. Взаимодействие модуля сбора данных с устройством верхнего уровня осуществляется по интерфейсу ModBus. Использование стандартного протокола ModBus TCP позволяет значительно облегчить процесс разработки программы верхнего уровня, сделать её более универсальной.

### Android-приложение

После предварительной обработки результатов измерения на плате сбора данных, данные поступают на управляющее устройство. Данные передаются в полярных координатах. Так как использование полярных координат затрудняет дальнейшую статистическую обработку данных, необходимо перейти от полярных координат к декартовым по следующим формулам:

$$\begin{aligned} x &= \rho \cdot \cos(\varphi + \Delta\varphi) + \Delta x, \\ y &= \rho \cdot \sin(\varphi + \Delta\varphi) + \Delta y. \end{aligned} \quad (2)$$

Для определения значения параметров смещения  $\Delta x$  и  $\Delta y$ , следует учитывать тот факт, что износ рельс производится в большей степени с внутренней стороны. Внешняя сторона остается неизношенной [4]. Исходя из этого, для определения сдвига по абсциссе и ординате необходимо совместить опорную точку измеренного профиля с соответствующей точкой эталонного профиля. Угол поворота  $\Delta\varphi$  определяется путем минимизации невязок на отрезке внешней стороны профиля. Результат расчета профиля с учетом преобразования показан на рис. 3.

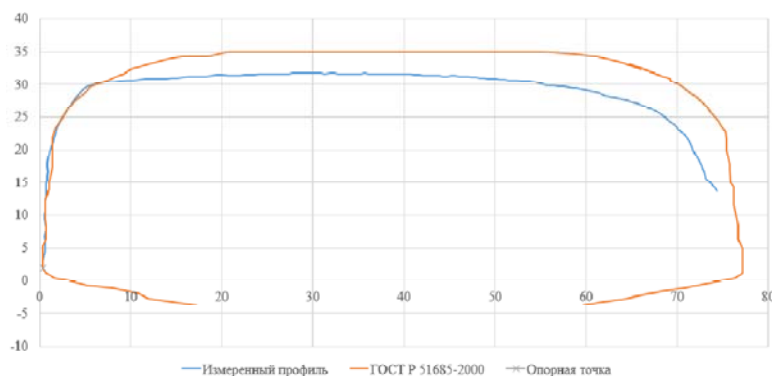


Рисунок 3. Результат перехода в декартовы координаты с учетом дополнительных преобразований

В качестве управляющего устройства может выступать планшет или смартфон на базе Android, IOS, Windows или ноутбук с Windows. Устройства должны поддерживать возможность подключения по Wi-Fi. В настоящий момент разработано ПО для устройств на базе Android OS. Интерфейс программы изображен на рис. 4. Данное приложение позволяет выводить на экран и сравнивать измеренные профили, производить расчет параметров износа рельса.

В разработанном приложении реализована возможность сохранения результатов измерений в файл и отправки файлов. Файл сохраняется в формате xml, в котором хранится структурированная информация о профилях.

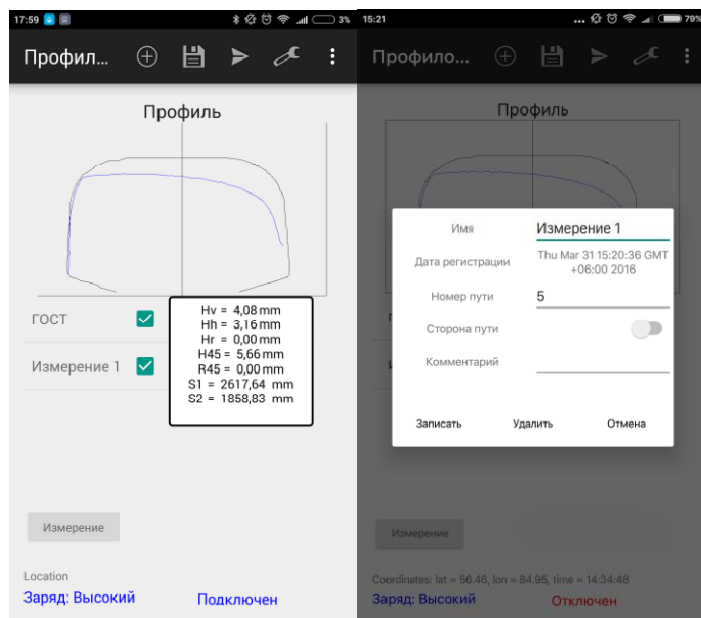


Рисунок 4. Интерфейс программы

### Заключение

Разработанный переносной рельсовый профилометр обеспечивает точность измерения не ниже чем у существующих аналогов. Погрешность итоговых расчетов не превышает 0,1 мм. Время автономной работы устройства составляет 10 часов. Такая автономность позволяет проводить измерения в течении одной смены. Разработанный профилометр имеет низкую стоимость и будет поддерживать все основные мобильные операционные системы.

### Список литературы

1. Шахунянц Г.М. Железнодорожный путь : учебник для вузов железнодорожного транспорта / Г.М. Шахунянц. – Москва : Транспорт, 1969. – 536 с.
2. ООО «РИФТЭК» Лазерные триангуляционные датчики [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://riftek.com/ru/products/~show/sensors/laser-triangulation-sensor> (дата обращения: 17.09.15.).
3. ООО «НПП «ПРИЗМА»» LS5 – лазерный триангуляционный датчик положения [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.prizmasensors.ru/production/ls5> (дата обращения: 17.09.15.).
4. Чернышев М.А. Железнодорожный путь / М.А. Чернышев, З.Л. Крейнис. – Москва : Транспорт, 1985. – 302 с.

# КОМПЛЕКС ПРОГРАММ «SEM» (SUN-EARTH-MOON) ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ СЕЙСМИЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ

К.А. Маслов

elzarion.des@gmail.com

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., ассистент кафедры ОСУ ИК ТПУ*

## Введение

SEM – проект в области исследования сейсмической активности. Проект заключается в разработке специального комплекса программ, осуществляющих и упрощающих проведение некоторых астрономических расчетов, поиск зависимостей от текущих положений небесных тел и сейсмической в отдельных участках планеты Земля, визуализацию полученных результатов, а также их анализ.

Сейсмическая активность является одной из крупных нерешенных проблем человечества, уносящих ежегодно множество жизней. Человечеству необходимы методы и способы предупреждать подобные явления и вовремя реагировать на их возможность.

Реализация данного программного комплекса упростит процесс анализа условий уже случившихся бедствий, тем самым поможет различным (в том числе и независимым) исследователям понять возможные причины сейсмических явлений с точки зрения природы астрономических явлений, дополнит их анализ данными из точных астрономических расчетов.

Проект SEM направлен на продвижение исследований в области сейсмической активности, их ускорение, вызван дополнить некоторые исследования теми факторами и влияниями, которые, возможно, не были предусмотрены исследователями.

## Принципы работы

В основе всего комплекса SEM лежит написанная на C++ программа, вычисляющая расстояния от точки на поверхности Земли до Солнца и Луны, в основе данных вычислений лежат теории VSOP87, позволяющая определять положения планет нашей системы относительно Солнца, и ELP2000-82b для определения положения Луны относительно Земли (так как VSOP87 не имеет никаких средств для определения положения спутника нашей планеты). Остальные программы комплекса являются либо усложнением базовой программы (для расчета расстояний целого сектора), либо дальнейшим развитием этих программ (расчет приливных сил, визуализация). К комплексу также приложено несколько скриптов на языке Python, выполняющие несложные (по вычислительному времени) задачи (построение графиков по имеющимся данным, обработка файлов отчетов, визуализация).

Базовая программа (и ее вариации) представляет из себя консольное приложение, генерирующее по данным пользователя отчетные файлы. Пользователь вводит лишь географические координаты точки (или границ сектора) и временные рамки, в пределах которых необходимо провести вычисление.

```
Enter output file name: report
Position (area)
longitude_min: 2.3
longitude_max: 3.1
latitude_min: 15.4
latitude_max: 17.8
step (degrees): 0.2
From
year: 2016
month: 4
day: 6
hour: 14
min: 15
sec: 0
To
year: 2016
month: 4
day: 6
hour: 14
min: 20
sec: 0
With step
year: 0
month: 0
day: 0
hour: 0
min: 0
sec: 30
Finished!
```

Рисунок 1. Пример вводимых данных

2016.04.06   14:15:00					
	2.3000	2.5000	2.7000	2.9000	3.1000
15.4000	357794.9708	357775.8566	357756.7616	357737.6862	357718.6307
15.6000	357788.4254	357769.3295	357750.2529	357731.1959	357712.1586
15.8000	357781.9081	357762.8308	357743.7728	357724.7343	357705.7155
16.0000	357775.4189	357756.3604	357737.3212	357718.3015	357699.3015
16.2000	357768.9579	357749.9185	357730.8983	357711.8976	357692.9167
16.4000	357762.5251	357743.5050	357724.5042	357705.5227	357686.5610
16.6000	357756.1208	357737.1202	357718.1388	357699.1769	357680.2347
16.8000	357749.7449	357730.7641	357711.8024	357692.8602	357673.9377
17.0000	357743.3975	357724.4367	357705.4950	357686.5728	357667.6702
17.2000	357737.0787	357718.1381	357699.2166	357680.3146	357661.4322
17.4000	357730.7886	357711.8684	357692.9674	357674.0858	357655.2238
17.6000	357724.5272	357705.6277	357686.7474	357667.8864	357649.0450
17.8000	357718.2946	357699.4161	357680.5567	357661.7166	357642.8961
2016.04.06   14:15:30					
	2.3000	2.5000	2.7000	2.9000	3.1000
15.4000	357782.9647	357763.8624	357744.7796	357725.7165	357706.6733

Рисунок 2. Пример отчетного файла

### Ожидания от реализованного проекта

Ожидается по окончании срока реализации проекта иметь готовый комплекс программ, позволяющий делать качественный анализ случившихся природных бедствий (землетрясений), в лучшем случае выявить корреляцию между текущим положением небесных тел и характером сейсмической активности в различных точках Земли.

### Дальнейшее развитие проекта

В дальнейшем возможно применение некоторых других методов для анализа полученных положений небесных тел, основанных на статистике и теории вероятностей, методов Machine Learning (алгоритмы классификации, интеллектуальные системы), которые в перспективе могут позволить создать модель, позволяющую с какой-либо точностью прогнозировать возможность землетрясений.

# СИСТЕМА ЗАЩИТЫ ДЛЯ ИСТОЧНИКА ПИТАНИЯ УСИЛИТЕЛЯ ЯРКОСТИ

В.В. Таратушкина, Е.О. Тюменева

lerataratushkina@mail.ru

*Научный руководитель: Тригуб М.В., кандидат технических наук,  
Институт оптики и атмосферы им. Зуева, Томский политехнический университет.*

## Введение

С развитием технологий становятся востребованными новые средства и методы диагностики и исследования процессов. В частности, исследование процессов, протекающих в момент образования облака наночастиц, требует использования новых методов визуально-оптического контроля. Одним из таких методов является использование активных оптических систем с усилителями яркости (рис. 1) – лазерных проекционных микроскопов и лазерных мониторов [1, 2]. Регистрация быстропротекающих процессов, экранированных от наблюдателя широкополосной фоновой засветкой, возможна с использованием систем с усилителями яркости на парах металлов и их галогенидов [1–4]. АОС позволяют проводить скоростную видеорегистрацию процесса, причем временное разрешение определяется как видеорегистратором, так и усилителем яркости. В настоящее время скоростные регистраторы (ССD камеры и СМOS камеры) позволяют производить съемку с очень высоким временным разрешением, что дает возможность диагностики процессов с наносекундными характеристиками временами.

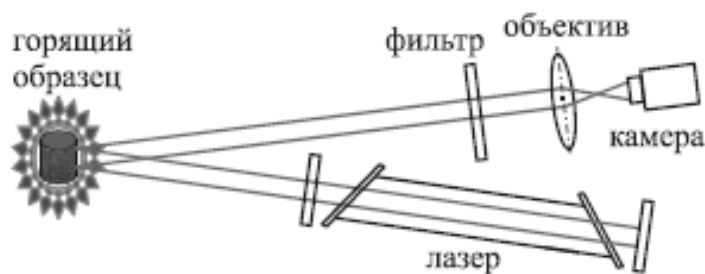


Рисунок 1. Система усилителя яркости.

В качестве источника когерентного излучения в системе усилителя яркости используется лазер на парах меди. Для накачки таких лазеров используются газонаполненные коммутаторы - тиратроны, позволяющие коммутировать десятки киловольт и сотни ампер. Для эффективной накачки необходима коммутация больших мощностей с высокой скоростью нарастания напряжения.

Однако тиратрон имеет ряд недостатков: высокую стоимость и ограниченный период работы. Для увеличения его срока службы и стабильности работы необходимо обеспечить время релаксации. Восстановление разрядного промежутка (закрытие коммутатора) происходит быстрее, если анод тиратрона находится под нулевым потенциалом в течение некоторого промежутка времени.

## Принцип действия

После прохождения коммутации накопительной емкости на газоразрядную трубку (ГРТ, рис. 2), тиратрон должен восстановить свою электрическую прочность («закрыться»). Процесс релаксации должен закончиться к моменту, когда ключ полумостового инвертора откроется. Если это не произойдет, инвертор будет нагружен «открытым» тиратрон, что приведет к скачку тока и выведет из строя транзисторы инвертора (VT1 и VT2).

Принцип действия системы защиты заключается в следующем: сигнал снимается датчиком тока и масштабируется на операционном усилителе, на выходе компаратора имеем сигнал, который задает пороги переключения схемы. То есть задается момент, при котором схема выключается. Принципиальная схема показана на рисунке 3.

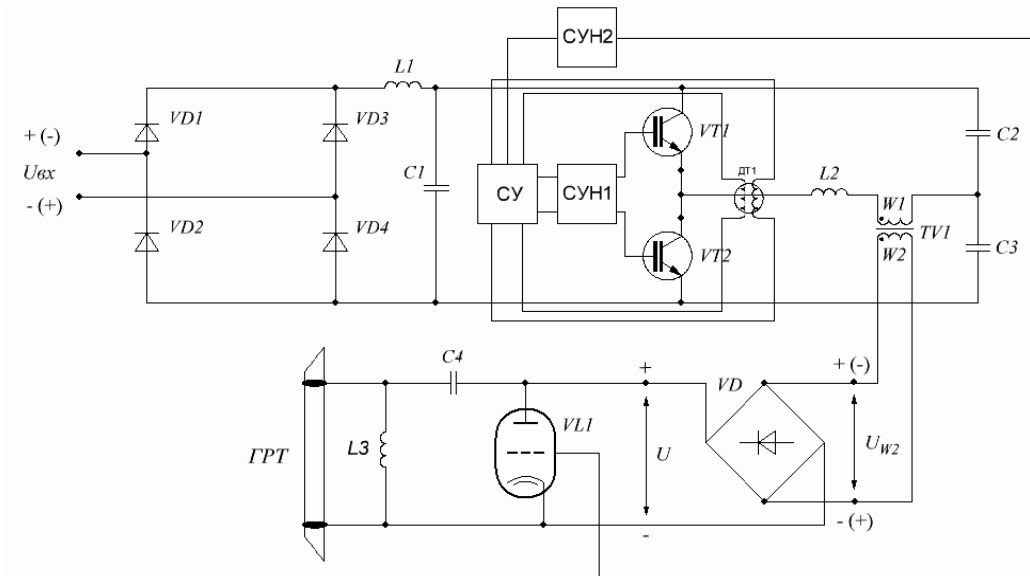


Рисунок 2. Схема источника накачки Cu-Br лазера

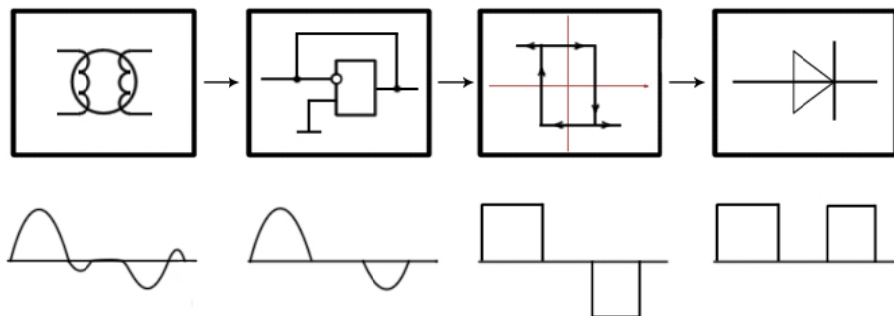


Рисунок 3. Принципиальная схема системы защиты

При включении в схему простейшего компаратора при подаче на вход усилителя зашумленного сигнала, на выходе наблюдаются многократные переключения напряжения, что приводит к некорректной работе системы защиты. Чтобы не допускать подобных колебаний используется компаратор с положительной обратной связью (триггер Шмидта). Часть выходного сигнала операционного усилителя подается на неинвертирующий вход и задает пороги переключения схемы. При превышении напряжения срабатывания на выходе появляется минус напряжения питания, если значение будет ниже напряжения отпускания — плюс, а в промежутке между линиями система сохраняет своё состояние. Напряжение на неинвертирующем входе снимается с делителя напряжения подключенного к выходу операционного усилителя и его значение для положительного и отрицательного напряжения насыщения может быть рассчитано по формулам 1 и 2.

$$U_{in1} = +U_{sat} \frac{R_2}{R_1 + R_2}, \quad (1)$$

$$U_{in2} = -U_{sat} \frac{R_2}{R_1 + R_2}. \quad (2)$$

### Результаты проделанной работы

В качестве датчика тока был выбран и изготовлен пояс Роговского, с параметрами:

$D = 34$  мм – внешний диаметр;

$d = 12$  мм – внутренний диаметр;

Коэффициент трансформации

$$\eta_{14} = \frac{N_2}{N_1} = 14, \quad (3)$$



где  $N_1$  – число витков на 1-ой обмотке,  $N_2$  – число витков на 2-ой обмотке.

Индуктивность

$$L_{14} = \frac{\mu_0 \mu N_1 N_2 S}{D} = \frac{4\pi \cdot 10^{-7} \cdot 2000 \cdot 14 \cdot 12 \cdot \pi}{34} = 39 \text{ мГн} \quad (4)$$

где  $S$  – площадь поперечного сечения пояса Роговского.

Оциллограммы, полученные при его калибровке представлены на рис. 4.

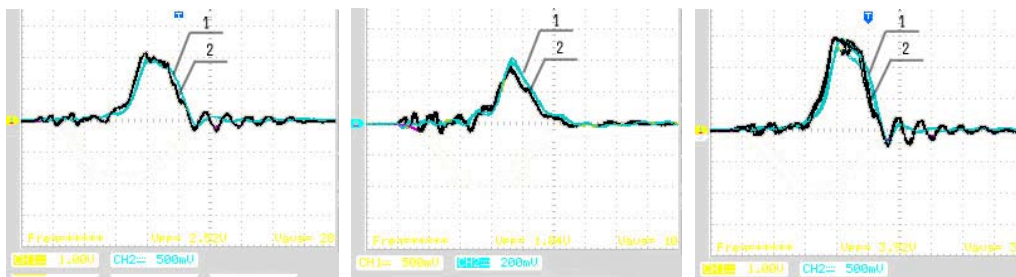


Рисунок 4. Показания с осциллографа при калибровке пояса Роговского:  
1 – сигнал с пояса Роговского; 2 – известный сигнал

### Список литературы

1. Buzhinsky R.O., Savransky V.V., Zemskov K.I., Isaev A.A., Buzhinsky O.I. Monitoring of objects shielded by the intensive background lighting // Applied physics, №3, pp. 96–98, (2009).
2. V. M. Yermachenko, A. P. Kuznetsov, V. N. Petrovskiy, N. M. Prokopova, A. P. Strel'tsov, S. A. Us-penskiy. Specific Features of the Welding of Metals by Radiation of HighPower Fiber Laser// Laser Physics, v. 21, №8, p. 1530–1537, (2011).
3. D. V. Abramov, S. M. Arakelyan, A. F. Galkin, I.I. Klimovskii, A.O. Kucherik, V.G. Prokoshev. On the possibility of studying the temporal evolution of a surface relief directly during exposure to high-power radiation // Quantum Electronics., v. 36. 6, p. 569–571, (2006).
4. Torgaev S. N. , Trigub M. V. , Gubarev F. A. , Evtushenko G. S. Monitoring of objects hidden from observation by stray lighting [Electronic resorces] // Micro/Nanotechnologies and Electron Devices: 2011 International Conference and Seminar on Novosibirsk, 30 June-4 July 2011. – IEEE Russia Siberia Section, p. 321–326. (2011).

# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СРЕДЫ НА ПАРАХ БРОМИДА МЕДИ ДЛЯ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ОПТИЧЕСКИХ НЕОДНОРОДНОСТЕЙ

Е.О. Тюменева, В.В. Таратушкина

tumeneva1996@mail.ru

*Научный руководитель: Тригуб М.В., кандидат технических наук,  
Институт оптики и атмосферы им. Зуева, Томский политехнический университет*

## Введение

Наука не стоит на месте, развиваются новые технологии и модернизируются уже известные. В частности, исследование оптических неоднородностей в прозрачных средах. Несмотря на большое количество публикаций, посвященных исследованию оптических неоднородностей, данная тема не теряет своей актуальности, возникают новые вопросы и задачи, требующие решения.

На практике для выявления и изучения оптических неоднородностей используется Шлирен-метод. Данный метод применяют для нахождения свилей в оптических прозрачных материалах, для исследования качества зеркал и других оптических неоднородностей.

Теневые методы визуализации неоднородностей в прозрачных средах основаны на изменениях величины показателя преломления, вызывающих отклонение световых лучей, проходящих через различные точки среды. Неоднородности в прозрачной среде и проявляющиеся при этом изменения показателя преломления возникают вследствие того, что плотность одного и того же вещества изменяется из-за непостоянства давления или температуры в пределах волн.

## Принцип действия

Свет от источника фокусируется с помощью линзы 2 на точечную или щелевую диафрагму 3 таким образом, чтобы последняя была равномерно освещена. Прошедший сквозь диафрагму свет фокусируется с помощью объектива 4 на кромку «ножа» Фуко 5, представляющего собой непрозрачную шторку с острым краем. При этом «нож» должен быть расположен точно в фокальной плоскости и строго параллельно изображению щелевой диафрагмы. Если в исследуемом пространстве на пути лучей света отсутствуют неоднородности, то при передвижении «ножа» в направлении, указанном стрелкой, доступ света к объективу приемной части 6 и далее к экрану 7 прекратится в момент, когда «нож» полностью перекроет изображение диафрагмы.

При появлении неоднородности в исследуемом пространстве  $H$  некоторые лучи света будут отклонены вверх, вниз или в стороны. Те из них, которые отклонятся вверх, пройдут над «ножом», попадут в объектив съемочной камеры и образуют шлирное изображение на экране 7. В этом случае лучи, которые, проходя неоднородность, отклоняются вниз, вправо и влево, в объектив камеры не попадут, благодаря чему и образуется теневое изображение.

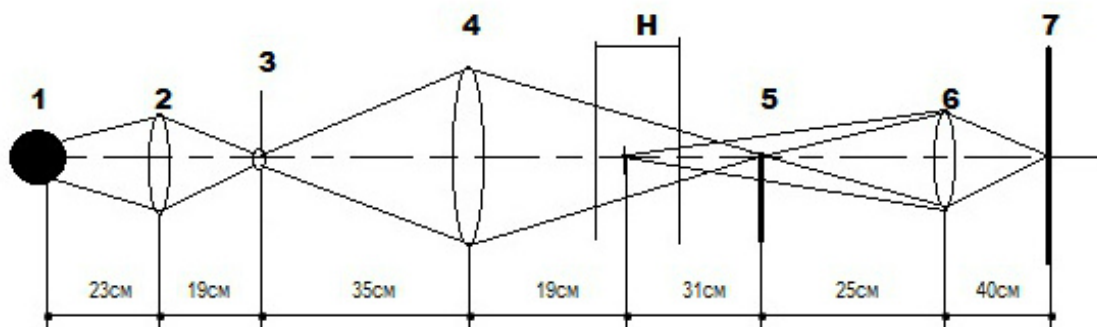


Рисунок 1. Схема Шлирен - метода

## Результаты проделанной работы

В работе использовались:

Лазер на парах меди;

Линза –  $F = 25\text{см}$ ;

Объект – образец керамики №837 ( $94Y_2O_3+6ZnO_2$ ).

Для обнаружения оптической неоднородности была собрана схема и выбрано нужное расстояние между предметами, необходимыми в работе (рис 1).

При рассмотрении объекта невооруженным глазом, он кажется прозрачным без каких-либо изъян, но если рассмотреть то же полупрозрачное тело с помощью Шлирен-метода, то мы видим, что в данном объекте содержатся примеси (рис. 2, а)

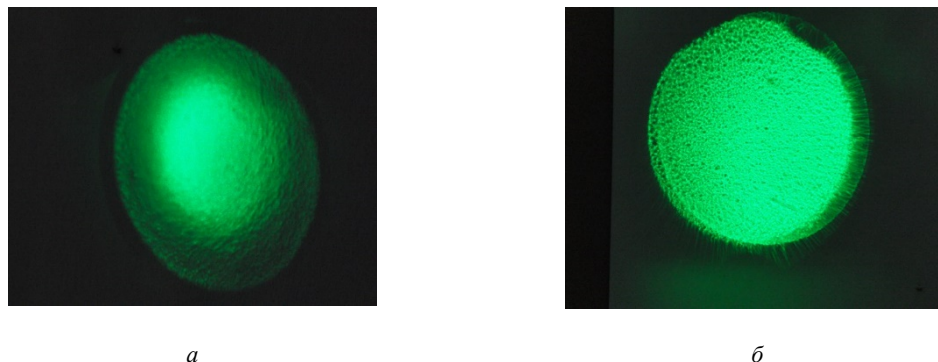


Рисунок 2. Визуализация с помощью Шлирен-метода

Для более резкого изображения использовался метод лазерного монитора (рис. 3), когда свет от источника проходит через линзу 3, отражается от зеркальной поверхности 1 и проходит обратно через активную среду лазера 4 испустив при этом дополнительные фотоны. Далее световой поток проходит через фильтр 5 и на экране 6 (за счет дополнительных фотонов) формируется более четкое изображение неоднородностей в полупрозрачном теле (рис. 2, б).

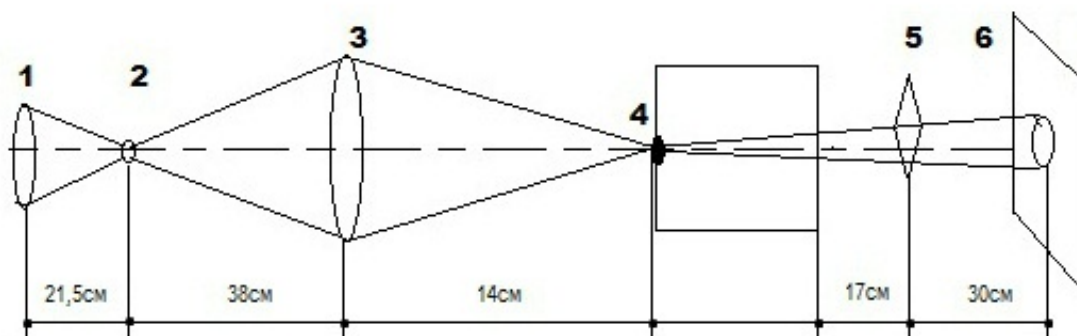


Рисунок 3. Схема лазерного монитора

### Список литературы

1. Васильев Л.А.Теневые методы / Л.А. Васильев. – Москва : Наука, 1968. – 408 с.
2. Буть А.И., Ляликов А.М. Визуализация оптических неоднородностей при оптической обработке искаженного изображения периодической структуры с использованием пространственной фильтрации. – *Квант. электрон.*, **23**:4 (1996). – С. 381–382.
3. Тригуб М. В., Евтушенко Г. С., Губарев Ф. А., Торгаев С. Н. Лазерный монитор с возможностью покадровой регистрации изображений // *Контроль. Диагностика.* – 2011, Вып. Специальный. – С. 140–143 (in Russian).

# РАЗРАБОТКА МОДУЛЯТОРА ДЛЯ БИСТАТИЧЕСКОГО ЛАЗЕРНОГО МОНИТОРА

Н.А. Васнев

vasnev.nickol@yandex.ru

*Научный руководитель: Тригуб М.В., кандидат технических наук, доцент, Томский политехнический университет, Институт оптики атмосферы им. Академика В.Е. Зуева*

## I. ВВЕДЕНИЕ

В современном научном мире одним из перспективных применений активных оптических систем является визуализация быстротекущих процессов, экранированных от наблюдателя мощной фоновой засветкой [1]. В качестве примера можно привести получение новых материалов плазменным методом, обработку и модификацию поверхностей с целью улучшения их эксплуатационных характеристик, получение наночастиц, термоядерный синтез т.д. Такие процессы характеризуются, как правило, малыми размерами области воздействия и высокой скоростью протекания, а интенсивность возникающей засветки может достигать весьма высоких величин. Перечисленные факторы делают визуализацию такого рода процессов практически невозможным в режиме реального времени [2]. Однако существуют оптические методы неразрушающего контроля с использованием индуцированного излучения, которые позволяют решить данную задачу [3, 4]. В частности, для визуализации перечисленных процессов активно используются CuVg-лазеры, которые обладают весьма высоким качеством пучка и коэффициентом полезного действия [5–6].

## II. БИСТАТИЧЕСКИЙ ЛАЗЕРНЫЙ МОНИТОР

Существует метод, основанный на использовании систем с усилителями яркости на парах металлов. Устройство, использующее в основе этот метод, получило название лазерный монитор. Данный термин был введен И.И. Климовским [7]. Суть метода заключается в подсветке исследуемого объекта излучением сверхсветимости, формировании усиленного изображения объекта и его последующей регистрации с помощью видеорегирующего устройства. Пространственное разрешение системы составляет порядка 1 мкм и определяется используемой оптикой. К недостаткам следует отнести невозможность независимой регулировки параметров лазерной подсветки и усиления изображения [8].

Бистатический лазерный монитор представляет собой активную оптическую систему (АОС), построенную с использованием двух лазеров. Один используется в качестве внешнего источника подсветки, другой – в качестве усилителя изображения. Это дает пользователю возможность автономной подстройки параметров подсветки и усиления изображения. Также данное обстоятельство позволяет увеличить область зрения исследуемого объекта и предельно-допустимое расстояние от источника излучения до исследуемого объекта. На рис. 1 представлена схема бистатического лазерного монитора. Объект исследования (1) подсвечивается CuVg-лазером (2), после чего отраженный сигнал проходит через объектив (5), формирующий изображение. Формирование изображения происходит в активной среде усилителя яркости (6), работающего в режиме сверхсветимости. В результате процессов, протекающих в активной среде при инверсной населенности, на выходе усилителя яркости (6) получается усиленное изображение, которое затем проходит через оптическую систему (7, 8, 9), согласующую параметры излучения с матрицей видеорегирующего устройства.

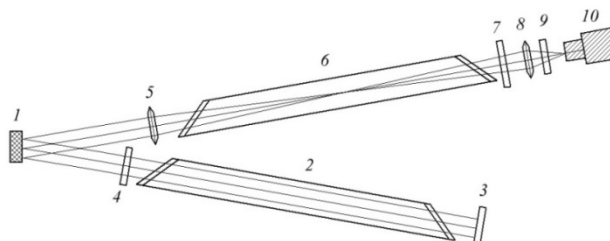


Рисунок 1. Визуализация объекта по бистатического лазерного монитора: 1 – объект наблюдения; 2 – внешний источник подсветки; 3 – зеркало; 4 – плоскопараллельная пластина; 5 – собирающая линза (объектив); 6 – усилитель яркости; 7 – полосовой фильтр; 8 – собирающая линза (объектив); 9 – полосовой фильтр; 10 – видеорегирующее устройство

Для функционирования бистатического лазерного монитора необходимо обеспечить согласованность работы внешнего источника подсветки и усилителя изображения, длительность импульса излучения которых составляет порядка 50 нс. Таким образом, подобное устройство должно обладать системой управления, обеспечивающей синхронизацию работы используемых лазеров. Реализация системы управления такого устройства включает в себя задачу разработки модулятора.

### III. РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

Для обеспечения генерации вынужденного индуцированного излучения необходим процесс накачки лазерной среды. Типовым источником накачки газовых лазеров является емкостной накопитель энергии, который разряжается на нагрузку при переключении коммутационного прибора. Таким образом, синхронизация работы двух лазеров может быть достигнута путем реализации независимой регулировки времен запуска коммутационных элементов первого и второго источников накачки.

На рис. 2 изображена структурная схема разрабатываемой системы управления. Блок управления (БУ) включает микроконтроллер, который генерирует один общий импульс запуска для двух коммутационных приборов. Временная задержка между переключением коммутационных приборов реализована за счет изменения скорости нарастания тока в модуляторе посредством регулируемой индуктивности (рис. 4). Это позволяет осуществить подстройку режима работы бистатического лазерного монитора: при согласованной работе лазеров выходная мощность устройства должна быть максимальной. В качестве коммутационных приборов источников накачки CuVg-лазеров активно используют тиратроны, поскольку в отличие от полупроводниковой техники они обеспечивают коммутацию высоковольтного напряжения с высокой скоростью нарастания тока, что способствует эффективному созданию инверсной населённости [9]. Для коммутации каждого из тиратронов необходимо подать на их управляющий электрод сетку кратковременный высоковольтный импульс. Для формирования импульса с требуемыми параметрами в качестве коммутатора VL1 (рис. 3) также целесообразно использовать тиратрон ТГИ1-100/8.

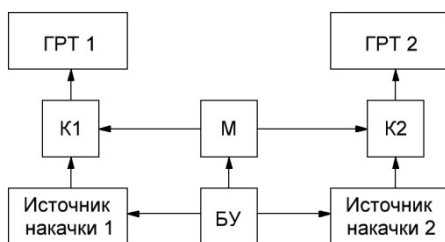


Рисунок 2. Структурная схема системы управления бистатическим лазерным монитором:  
 БУ – блок управления; М – модулятор; K1, K2 – коммутаторы 1 и 2 соответственно;  
 ГРТ1, ГРТ2 – газоразрядные трубки 1 и 2 соответственно

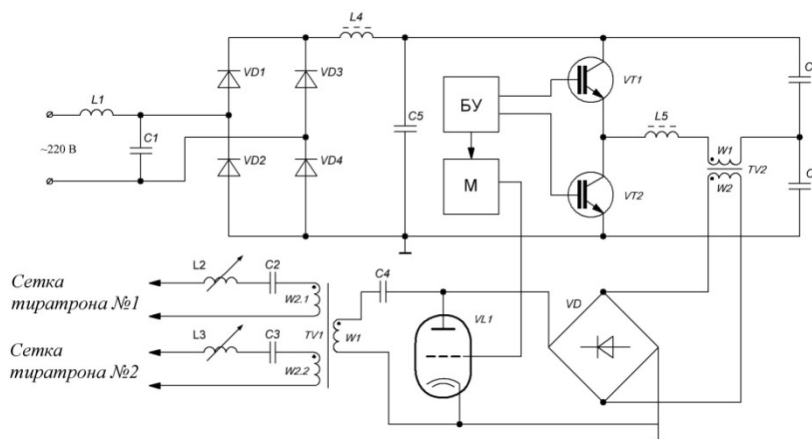


Рисунок 3. Принципиальная высоковольтной части системы управления бистатическим лазерным монитором

Полумостовой инвертор выполнен на полевых транзисторах VT1 и VT2. Поочередное отпирание транзисторов осуществляется посредством управляющих сигналов, генерацию которых осуществляет система управления, выполненная на базе микроконтроллера ATmega8 семейства AVR. Также микроконтроллер генерирует импульс запуска тиратрона. Преобразования этого сигнала до необходимых параметров осуществляется в модуляторе (М). На рис. 4 приведена принципиальная схема модулятора разрабатываемой системы управления. Модулятор, по сути, представляет собой два источника напряжения. Один из них формирует высоковольтные импульсы на сетку запускающего тиратрона с регулируемой частотой. Второй обеспечивает постоянное отрицательное напряжение смещения для ликвидации его возможных ложных коммутаций. Сетевой трансформатор обеспечивает питание схемы необходимыми уровнями напряжения, а также осуществляет гальваническую развязку от сети. Выпрямители и фильтры преобразуют переменное напряжение в постоянное с необходимыми параметрами. В цепи заряда происходит запас энергии для ее дальнейшей передачи через импульсный трансформатор, у которого две вторичные обмотки. Каждая из вторичных обмоток предназначена для одного из высоковольтных источников накачки CuBr-лазеров.

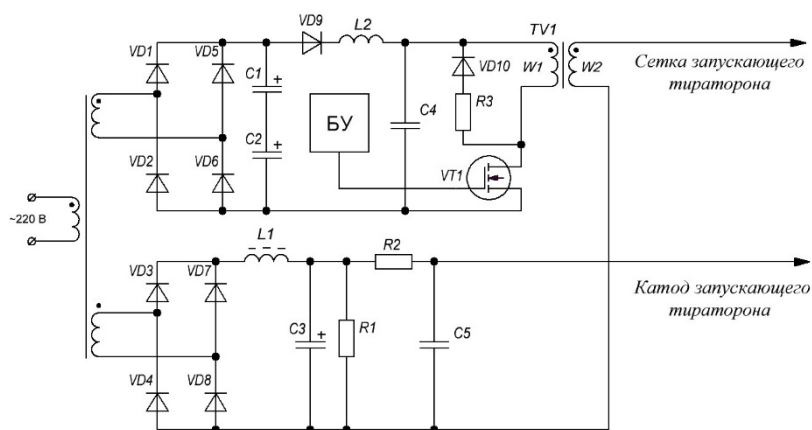


Рисунок 4. Принципиальная схема модулятора системы управления бистатическим лазерным монитором

#### IV. ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В работе представлены результаты разработки бистатического лазерного монитора, основанного на использовании усилителей яркости на парах металлов. Для реализации подобной активной оптической системы с усилителем яркости предложена схема управления, обеспечивающая синхронизацию всех элементов, входящих в активные оптические системы – источники накачки лазера и усилителя яркости, а также их коммутаторов. В качестве последних использованы тиратроны. Приведены схемотехнические решения. В дальнейшем планируется проведение экспериментов по визуализации тестовых объектов посредством бистатического лазерного монитора.

#### Список литературы

1. Красников И.В. Источник накачки subBr-лазера с импульсным зарядом рабочей емкости / И.В. Красников, М.В. Тригуб, Г.С. // Вестник науки Сибири. – 2012. – № 5 (6). – С. 54–58.
2. Trigub M.V. , Evtushenko G.S. , Gubarev F.A. , Torgaev S.N. Abstracts of the XIII-th International Conference Seminar on Micro/Nanotechnologies and Electron Devices: proceedings, Altai, July 2-6, 2012. – Novosibirsk: IEEE Russia Siberia Section, 2012. – p. 260–263.
3. Yermachenko V.M., Kuznetsov A P., Petrovskiy V.N., Prokopova N.M., Strel'tsov A.P., S.A. Uspenskiy. Specific Features of the Welding of Metals by Radiation of HighPower Fiber Laser. Laser Physics. 2011, Vol. 21, No. 8, pp. 1530–1537.
4. Abramov D.V., Arakelyan S.M., Galkin A. F., Klimovskii I.I., Kucherik A.O., Prokoshe V.G v. On the possibility of studying the temporal evolution of a surface relief directly during exposure to high-power radiation // Quantum Electronics. Vol. 36. 6. – 2006. – P. 569–571.
5. Батенин В.М. Лазеры на самоограниченных переходах атомов металлов. В.М. Батенин, В.В. Бучанов, М.А. Казарян. – М.: «ФИЗМАТЛИТ», 2011. – 616 с.

6. Nikolay Vuchkov, Krassimir Temelkov. New High-Power Metal Halide Vapour Lasers: Gas-Discharge Plasma Physics and Lasers' Applications. 2015. – 194 p.
7. Э. И. Асиновский, В. М. Батенин, И. И. Климовский, В. В. Марковец. Исследования областей замыкания тока на электродах слаботочной угольной дуги атмосферного давления с помощью лазерного монитора // *TBT*, 39:5 (2001), 794–809 .
8. М.В. Тригуб, Г.С. Евтушенко, А.И. Кирдяшкин. Визуализация процесса СВС, с использованием активных сред CuVг-лазеров // *Ползуновский вестник*. – 2012. – № 2/1. – С. 181–184.

## РАЗРАБОТКА СИСТЕМЫ ОБНАРУЖЕНИЯ БРАКОНЬЕРОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ДАТЧИКОВ

Е.В. Адамов, Д.С. Рогожников, А.А. Удалов, С.А. Цыганков

adamovegor@Gmail.com

### Введение

Человеческое общество берет у природы блага, необходимые для существования и развития. Однако природные ресурсы далеко не безграничны. Человек должен не только рационально и разумно использовать природные ресурсы, но и заниматься их восстановлением и воспроизводством, а также охраной природы.

К сожалению, существует проблема незаконного отлова и охоты на животных и рыб. По данным Департамента государственной политики и регулирования в сфере охотничьего хозяйства и объектов животного мира Минприроды России ежегодный объем браконьерства оценивается в 18 миллиардов рублей.

Первые жалобы на уменьшение запасов рыбы появились в России уже в начале XIX века. В ответ на это была сформирована Особая Императорская комиссия, которая стала заниматься научным исследованием российского рыболовства. В ходе своей работы комиссии удалось выявить, что во многих регионах России не соблюдаются законы о сохранении рыбы. Поэтому до конца XIX в. начинает интенсивно развиваться Законодательство об охране рыбных запасов. Однако принятые постановления не решили проблему борьбы с рыбным браконьерством. А в дальнейшем развал Советского Союза, с последующим экономическим кризисом в стране, привел к еще большему увеличению объема незаконной рыбной ловли.

К рыбному браконьерству можно отнести следующие случаи незаконной добычи рыбы: ловлю рыбы с причинением крупного ущерба, в местах нереста, на охраняемых природных территориях (заказниках, заповедниках, национальных парках), использование в процессе ловли взрывчатых и химических веществ, электротока, а также плавающих транспортных средств. [1]

Правительство принимает все возможные меры для поимки незаконных рыбаков, но и их недостаточно, чтобы сберечь подводный мир водоемов.

Одним из наиболее варварских методов браконьерского лова на данный момент считается электроудочка. Этот инструмент представляет собой большой сачок на длинной ручке с закрепленными у обода сачка проводами. Электроудочка является мощным трансформатором, который преобразует 12 вольт от источника питания (автомобильного аккумулятора) до нескольких киловольт. Высокое напряжение, проходящее через сачок, «оглушает» рыбу (рис.1).



*Рисунок 1. Последствия применения устройства*

По статье 256 УК РФ данный способ ловли рыбы считается незаконным и наказывается штрафом от ста до пятисот тысяч рублей, либо лишением свободы на срок до двух лет.

Данное устройство наносит огромный вред ихтиофауне. Борьба с браконьерами, использующими для его ловли рыбы, идет долгие годы, однако ни один из методов не получил широкой известности.



В Белоруссии было изобретено довольно простое и дешевое устройство – электродетонатор. Он представляет собой капсулу с небольшим зарядом и детонатор, реагирующий на электроток. Капсулы разбрасываются в стоячих водоемах, и они свободно плавают, неприметно и абсолютно безопасно. Заряд взрывчатки в электродетонаторе делается небольшой, чтобы сильно не навредить водоему и не убить незаконного рыбака. К сожалению, устройство не дает возможности поймать браконьера с поличным, а лишь только пугает его и портит имущество. Стоит заметить, что электродетонаторы также наносят существенный вред подводному миру.

Украинские защитники водоемов изобрели устройство, отпугивающее браконьеров от водоемов, но не дающее возможности их поймать. Принцип действия устройства в следующем: при брожении ила, равно как и навоза, в бутылке объемом 5 литров выделяется метан. Через день в бутылке образуется хорошая горючая смесь. При подаче потенциала от электроудочки в воду лампочка загорается, воспламеняя содержимое бутылки. [2] Покалечить нарушителя это не может, но напугать получится. Процент срабатывания данного устройства далек от идеала, но все очень просто и безопасно.

Российские изобретатели придумали очень простой метод борьбы с браконьерами. Они решили просто выбивать рыбу у рыбаков с электроудочками. [3] Они находили самые глубокие места в водоеме, и накидывали туда большое количество коряг. Это было сделано для того, чтобы привлечь большую часть рыбы. Также большие рыбы-матки неохотно выходят на мель, а теперь им этого вовсе не придется делать. Это очень оригинальный подход к решению проблемы, но малоэффективный. Данный способ не дает возможности бороться с браконьерами, а позволяет лишь сохранять основную часть рыбы водоема.

Все вышеперечисленные методы имеют свои недостатки. С целью их исправления и предотвращения незаконного отлова рыбы нами был разработан метод по борьбе с браконьерами, основанный на использовании электромагнитных датчиков.

### **Конструкция устройства**

Система обнаружения состоит минимум из трех датчиков электромагнитного сигнала, а также центра обработки данных. Каждый датчик включает в себя радиоприемник, радиопередатчик, микроконтроллер, аккумулятор, антенну приема и антенну передачи данных.

При включении электроудочки, вследствие протекания электрического тока в разрядный промежуток, возникает разряд, излучающий электромагнитный сигнал определенной частоты. Данный сигнал регистрируется с помощью радиоприемника, который обрабатывается через фильтр частот, определяя диапазон работы удочки. Внутри датчиков находятся микроконтроллеры, функциями которых является счет и запоминание конкретного значения времени при получении сигнала от удочки. Все три датчика первоначально синхронизированы, поэтому из-за разного расстояния между удочкой и каждым устройством фиксации, сигнал будет доходить до датчиков в разное время. Далее датчики передают время получения сигнала в центр обработки данных, где разработанный алгоритм определяет с определенной погрешностью координаты места, где браконьер использовал устройство. По полученным координатам моментально выезжает Рыбнадзор и ловит преступника с поличным.

Так как нельзя достичь идеальной синхронизации счётчиков во времени, счёт их будет со временем расходиться, поэтому из центра обработки данных периодически будет отправляться синхронизирующий импульс для синхронизации датчиков. В случае повреждения прибора, датчик непрерывно будет отправлять сигнал в центр обработки данных, сигнализируя о поломке. Встроенные аккумуляторы рассчитаны на месяц автономной работы.

Ввиду того, что электромагнитная волна распространяется под водой только при низких частотах, поэтому было принято решение расположить датчики над водой.

Три датчика могут фиксировать работу электроудочки на площади до 1 км<sup>2</sup>. Для обхвата больших площадей необходимо расположить большее количество датчиков, обеспечив зону покрытия всего водоема.

### **Математическое описание системы обработки данных**

Математическое описание системы обработки данных имеет следующий вид:

$$\begin{cases} t_1 = t_n + \Delta t_1; \\ t_2 = t_n + \Delta t_2; \\ t_3 = t_n + \Delta t_3; \end{cases}$$

$$\Delta t_1 = \frac{r_1}{c}; \quad \Delta t_2 = \frac{r_2}{c}; \quad \Delta t_3 = \frac{r_3}{c},$$

где  $t_i$  – время, зафиксированное датчиком;  $\Delta t_i$  – время, проходящее сигналом от источника до датчика;  $t_n$  – истинное время события;  $c$  – скорость распространения электромагнитного импульса;  $r_i$  – расстояние, которое пройдет сигнал за время  $\Delta t_i$ , где  $i = 1, 2, 3$ .

Так как, определение истинного времени – процесс трудоемкий, усредним его и умножим на коэффициент, зависящий от радиуса действия:  $t'_n = a \cdot \frac{t_1 + t_2 + t_3}{3}$ , где  $0 < a < 1$  – параметр системы обнаружения. Тогда система примет следующий вид:

$$\begin{cases} r'_1 = c \cdot (t_1 - t'_n); \\ r'_2 = c \cdot (t_2 - t'_n); \\ r'_3 = c \cdot (t_3 - t'_n). \end{cases}$$

Значения радиусов нам не важны, так как мы используем теорему «Радикальным центром трех окружностей», нас интересуют лишь точки пересечения окружностей.

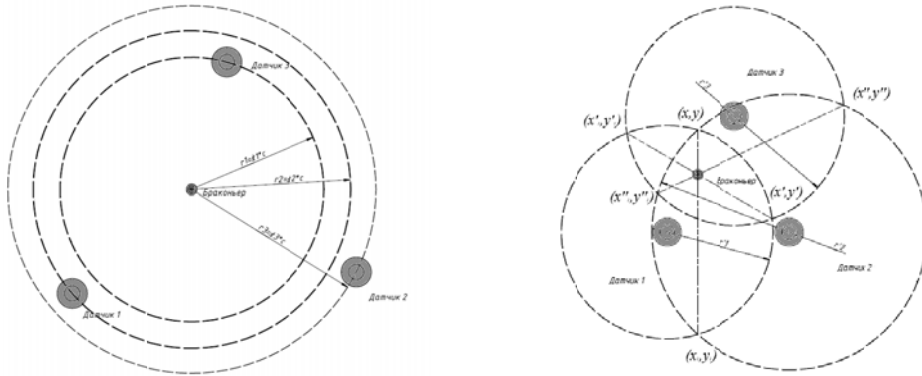


Рисунок 2. «Геометрическое решение»

Решая систему можно найти координаты пересечения окружностей:

$$\begin{cases} (x - x_{д1})^2 + (y - y_{д1})^2 = r_1'^2; & (x - x_{д2})^2 + (y - y_{д2})^2 = r_2'^2; \\ (x' - x_{д1})^2 + (y' - y_{д1})^2 = r_1'^2; & (x' - x_{д3})^2 + (y' - y_{д3})^2 = r_3'^2; \\ (x'' - x_{д2})^2 + (y'' - y_{д2})^2 = r_2'^2; & (x'' - x_{д3})^2 + (y'' - y_{д3})^2 = r_3'^2. \end{cases}$$

Решая квадратные уравнение, получим:  $x_j$ ,  $x'_j$ ,  $x''_j$ ,  $y_j$ ,  $y'_j$ ,  $y''_j$  – координаты пересечения окружностей; где  $y_{дi}$ ,  $x_{дi}$  – координаты датчиков, ( $i = 1, 2, 3; j = 1, 2$ ).

Проведем прямые, проходящие через точки пересечения. Все три хорды пересекутся в одной координате. Эта координата и будет являться местом, где браконьер использовал удочку. Получим из системы непосредственно координаты месторасположения нарушителя:

$$\begin{cases} y_6 = y'_1 + \frac{(y'_2 - y'_1) \cdot (x_6 - x'_1)}{(x'_2 - x'_1)}; \\ x_6 = y''_1 + \frac{(y''_2 - y''_1) \cdot (x_6 - x''_1)}{(x''_2 - x''_1)}, \end{cases}$$

где  $y_6$ ,  $x_6$  – координаты источника сигнала.

### Результаты работы

Несмотря на то, что наш прибор собран из большого количества составляющих деталей, его цена довольно приемлема. Прибор дает возможность не только отпугнуть браконьера, но также

и задержать его на месте преступления. Устройство экономит время и силы работников рыбнадзора и других государственных учреждений по защите природы, а именно: им не нужно круглые сутки напролет следить за водоемами, где может совершаться данное деяние. А самое главное, оно не наносит вреда окружающей среде. В дальнейшем планируется проведение полевых испытаний устройства и определение его эффективности в реальных условиях.

#### **Список литературы**

1. О рыбном браконьерстве [Электронный ресурс]. – URL: <https://fishingspace.com/p/5586af4f41998870281213e2?c=5592b3b8ac6a30c831a8b195>
2. Как спасти любимое озеро от электро-удочников [Электронный ресурс]. – URL: <http://blogotshel-nika.ru/kak-spasti-lyubimoe-ozero-ot-elektro-udochnikov.html>
3. Борьба против электроудочек [Электронный ресурс]. – URL: <http://minnow.ru/forum/viewtopic.php?id=1791>

# ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ УГЛЕВОДОРОДНОГО БУРОВОГО РАСТВОРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЭМУЛЬГАТОРА ЭМ-4

А.Д. Фензель

fenzel@bk.ru

Научный руководитель: Минаев К.М., канд. хим. наук НИ ТПУ

В строительстве скважин на нефть и газ, а также подводных переходов методом наклонно – направленного бурения в качестве буровых растворов используют суспензии, являющиеся дисперсными системами на водной основе. При вскрытии пласта таким раствором вода просачивается в пласт, тем самым повышая его водонасыщенность, таким образом обводнение пласта отрицательно сказывается на его нефтеотдаче. При разработке и эксплуатации нефтяных месторождений необходимо применять меры для предохранения нефтяных пластов и забоев скважин от преждевременного обводнения. При проникновении в породу фильтрата бурового раствора возрастает водонасыщенность в призабойной зоне пласта (ПЗП), что значительно уменьшает относительную проницаемость пород для нефти и, как следствие, уменьшается дебит скважины, усложняется и замедляется процесс освоения скважины. Водные фильтраты промывочных жидкостей имеют обычно гидрофильную природу, хорошо смачивают и прочно удерживаются породами пласта. Удаление их из ПЗП затруднено даже при повышенных депрессиях [1]. В целях сохранения коллекторских свойств пластов и предупреждения осложнения при бурении в неустойчивых разрезах были разработаны и стали применяться в промышленных масштабах буровые растворы на углеводородной основе (РУО). Они предназначены для вскрытия и освоения продуктивных пластов, а также бурения соляных отложения с пропластками калийно-магниевых солей [2].

Помимо воды и углеводородной части (чаще всего дизельного топлива (ДТ), незаменимой частью РУО является эмульгатор. Присутствие в эмульсии поверхностно-активного эмульгатора приводит к снижению межфазного натяжения на границе вода-нефть и тем самым обеспечивает образование стабильной микроэмульсии. На технологические свойства эмульсионного бурового раствора существенное влияние оказывает соотношение фаз, концентрация эмульгаторов и условия приготовления [4].

Данная работа посвящена сравнению свойств нефтяного бурового раствора при использовании нового эмульгатора ЭМ-4 (разработка ООО «СпецХимТехнология») с промышленным эмульгатором DDP.

Устойчивость РУО оценивали на основании экспериментальных данных по электростабильности эмульсий. Как комплексная характеристика, электростабильность позволяет оперативно оценить агрегативную стабильность эмульсионного бурового раствора, его устойчивость к фазовому обращению [3].

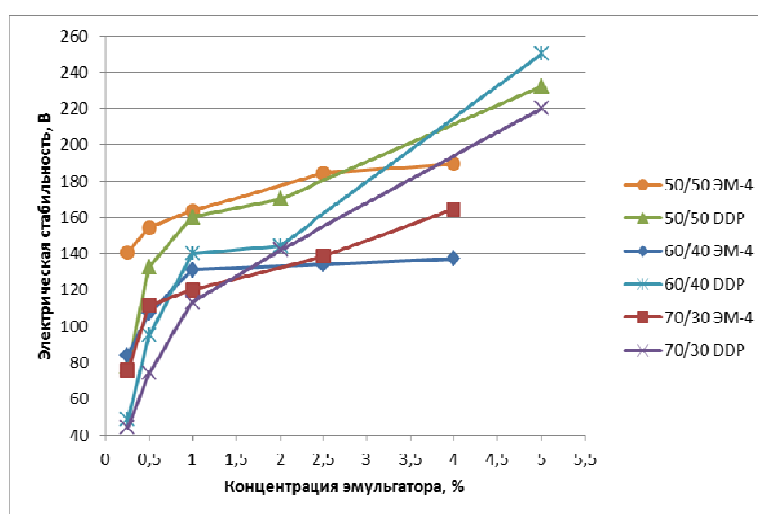


Рисунок 1. Зависимость электрической стабильности от концентрации эмульгатора при разном соотношении воды и ДТ

На основании экспериментальных данных, можно сделать вывод, что электростабильность эмульсий на основе эмульгатора ЭМ-4 значительно выше при низких концентрациях эмульгатора (до 1%), по сравнению с эмульгатором DDP. Дальнейшее увеличение концентрации эмульгатора в системе приводит к выходу на плато электростабильности эмульсии, в то время как показатель электростабильности эмульсий с использованием эмульгатора DDP имеет тенденцию к дальнейшему росту. При добавлении эмульгатора в эмульсию, происходит изменение границы раздела фаз: эмульгатор связывает на себе полярные воду и дизель, тем самым образуя эмульсию. При этом сначала стабильность такой эмульсии резко возрастает за счёт ненасыщенности поверхности раздела фаз молекулами ЭМ-4, при дальнейшем увеличении концентрации эмульгатора идёт насыщение межфазной пленки молекулами ПАВ и стабильность такой эмульсии растёт гораздо медленней.

Вязкость бурового раствора при бурении оказывает влияние главным образом на качество очистки забоя от выбуренной породы. Вязкая жидкость плохо проникает под выбуренный шлам, недостаточно быстро освобождает и поднимает его с забоя в восходящий поток.

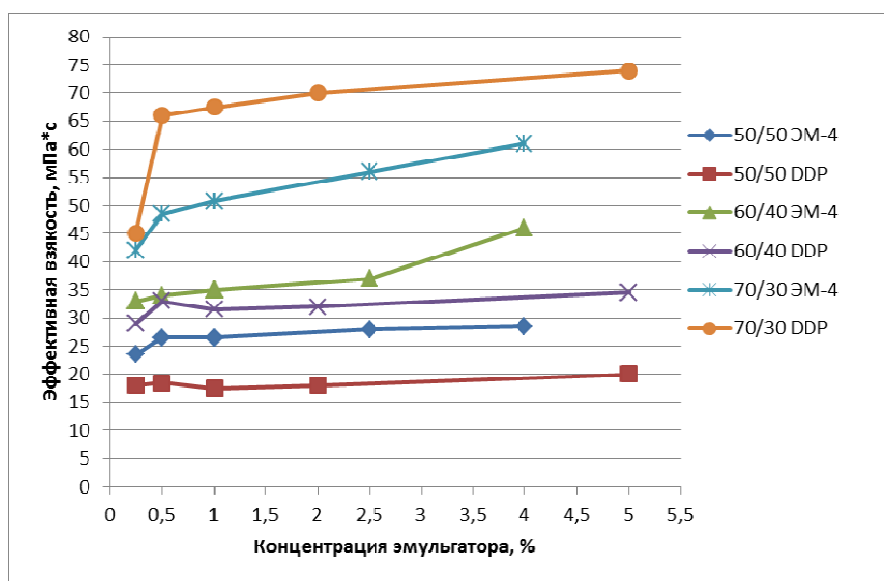


Рисунок 2. Зависимость эффективной вязкости от концентрации эмульгатора

Проведенное изучение зависимости эффективной вязкости от концентрации эмульгатора при разном соотношении воды и ДТ показало, что с ростом концентрации воды в эмульсии эффективная вязкость увеличивается в различной степени. Отмечено, что при соотношении вода/ДТ 50/50 и 50/60 эффективная вязкость эмульсии при использовании эмульгатора ЭМ-4 выше по сравнению с эмульгатором DDP, что обеспечивает хорошую выносящую способность бурового раствора. При соотношении вода/ДТ 70/30 эффективная вязкость эмульсии с эмульгатором ЭМ-4 значительно ниже в сравнении с DDP, что позволяет создавать системы РУО с низким содержанием углеводородной основы, обеспечивая необходимые реологические параметры, в то время как применение эмульгатора DDP приведет к избыточному увеличению вязкости эмульсии и соответственно к росту гидродинамического сопротивления движению промывочной жидкости по всему контуру циркуляции. Это потребует соответствующего увеличения давления прокачки бурового раствора, что не всегда возможно по техническим причинам. Уменьшение содержания дорогостоящего ДТ в эмульсии при сохранении основных технологических параметров РУО позволит значительно снизить стоимость бурения, а также улучшить экологические последствия от применения данного типа бурового раствора.

Исходя из полученных результатов, можно сделать следующие выводы: эмульсии с использованием эмульгатора ЭМ-4 показывают высокую электростабильность и высокую вязкость при низких концентрациях, но уступают по данным показателям эмульгатору DDP при высоких концентрациях. В дальнейшем следует провести сравнительные исследования эмульсий при различных температурах и составах РУО, с целью получения растворов, приближенных к реальным системам, а также провести промышленные испытания эмульгатора ЭМ-4 и на основании полученных данных делать выводы о целесообразности практического применения эмульгатора ЭМ-4 в промышленном масштабе.

### Список литературы

1. Сваровская Н.А. Физика пласта : учебное пособие / Н.А. Сваровская. – Томск: ТПУ, 2003. – 156 с.
2. Булатов А.И. Буровые промывочные и тампонажные растворы : учебное пособие для вузов / А.И. Булатов, П.П. Макаренко, Ю.М. Проселков. – Москва : ОАО Издательство «Недра», 1999. – 424 с.: ил.
3. Попов С.Г. Новый тип эмульсионных буровых растворов. Реверсивно-инвертируемый буровой раствор / С.Г. Попов, А.М. Нацепинская // Геология, геофизика и разработка нефтяных и газовых месторождений. – 2012. – № 4. – С. 15–20.
4. Ананьев А.Н. Учебное пособие для инженеров по буровым растворам / А.Н. Ананьев, А.И. Пенькова. – Волгоград, 2000. – 139 с.

# ПРИМЕНЕНИЕ ОДНОРЯДНОЙ СХЕМЫ РАСПОЛОЖЕНИЯ СКВАЖИН С ПЕРЕМЕННЫМ РЕЖИМОМ РАБОТЫ ДЛЯ ДОБЫЧИ УРАНА ИЗ УЗКОГО ВЫТЯНУТОГО РУДНОГО ТЕЛА

М.А. Гусаров

[mix.gusaroff@yandex.ru](mailto:mix.gusaroff@yandex.ru)

*Научный руководитель: Носков М.Д., доктор физико-математических наук, профессор, проректор по научной работе и международной деятельности, заведующий кафедрой физики Северский технологический институт НИЯУ МИФИ*

## Введение

Метод скважинного подземного выщелачивания (СПВ) является одним из наиболее перспективных методов добычи урана [1–2]. В России способ подземного выщелачивания применяется при разработке Далматовского, Хохловского (Зауральский урановорудный район) и Хиагдинского (Витимский урановорудный район) месторождений [3]. Урановые месторождения, разрабатываемые АО «Далур» и АО «Хиагда» относятся к палеорусловому инфильтрационному типу. Особенностью такого типа месторождений является присутствие вытянутых рудных тел сложной формы и малого размера. Отработка таких рудных тел методом СПВ требует повышенных капитальных затрат и эксплуатационных расходов на единицу продукции. Снижение себестоимости добычи урана из малых вытянутых рудных тел может быть достигнуто применением специальных систем отработки, учитывающих их особенности.

В настоящем докладе рассматривается эффективность применения однорядной схемы расположения скважин с переменным режимом работы для добычи урана из узкого вытянутого рудного тела. Геотехнологические исследования проводились на основе математического моделирования с помощью специализированного программного обеспечения «Курс», разработанной в Северском технологическом институте Национального исследовательского ядерного университета «МИФИ» [4]. Система «Курс» позволяет создавать цифровые модели эксплуатационных блоков, включающие в себя модели геологической среды и технологических объектов, а также осуществлять моделирование процесса выщелачивания урана.

Доклад состоит из трех разделов. В первом разделе представлены результаты работы трех скважиной системы с изменяющимся потоком растворов в однородном продуктивном горизонте. Определены размеры области выщелачивания и эффективные режимы работы скважин. Во втором разделе представлены результаты исследования отработки запасов в вытянутом рудном теле с помощью трех скважиной системы с изменяющимся потоком растворов. В третьем разделе приводятся результаты оценки экономической эффективности однорядной трех скважиной системы с изменяющимся потоком растворов. В заключении сформулированы основные выводы по работе.

1. Определение области выщелачивания рядной трех скважинной системой с изменяющимся потоком растворов.

В данном разделе представлены результаты исследования работы трех скважиной системы с изменяющимся потоком растворов в однородном продуктивном горизонте. Задачами данного этапа работы являлись: определение области выщелачивания в продуктивном горизонте, установление закономерностей движения растворов, определение наиболее эффективных режимов работы скважин. Скважины располагались в один ряд на расстоянии 30 метров друг от друга, как представлено на рис. 1, а. Параметры модельного продуктивного горизонт: эффективная мощность составляла 6 метров, метропроцент 0,21 (м\*%)

Скважины работали в чередующемся режиме. В первом цикле скважины под номерами 1 и 3 являлись нагнетательными, скважина под номером 2 работала в режиме откачки. Во втором цикле скважины под номерами 1 и 3 - откачные, скважина под номером 2 - нагнетательная. Продолжительность циклов равнялась шести месяцам. Продолжительность моделирования составляла - девять лет.

На рис. 1, б видно, что после девяти лет работы область практически полного выщелачивания имеет вытянутую форму, размерами около 110 метров в длину и 50 метров в ширину.

Из рис. 2 сделан вывод, что средняя концентрация урана в продуктивном растворе достигает максимума в начале второго года работы, к пятому году работы она достигает 10 мг/л, после продолжает снижаться.

Анализ результатов вычислительных экспериментов, на основе проведенного исследования, показал, что эффективная область выщелачивания трех скважиной системой с изменяющимся потоком раствора составила около 85 метров в длину и 30 метров в ширину. Время эффективного выщелачивания урана составляет приблизительно пяти лет.

Дополнительные расчеты проводились для различных режимов работы скважин. Продолжительность наиболее эффективного периода нагнетания и откачки - шесть месяцев.

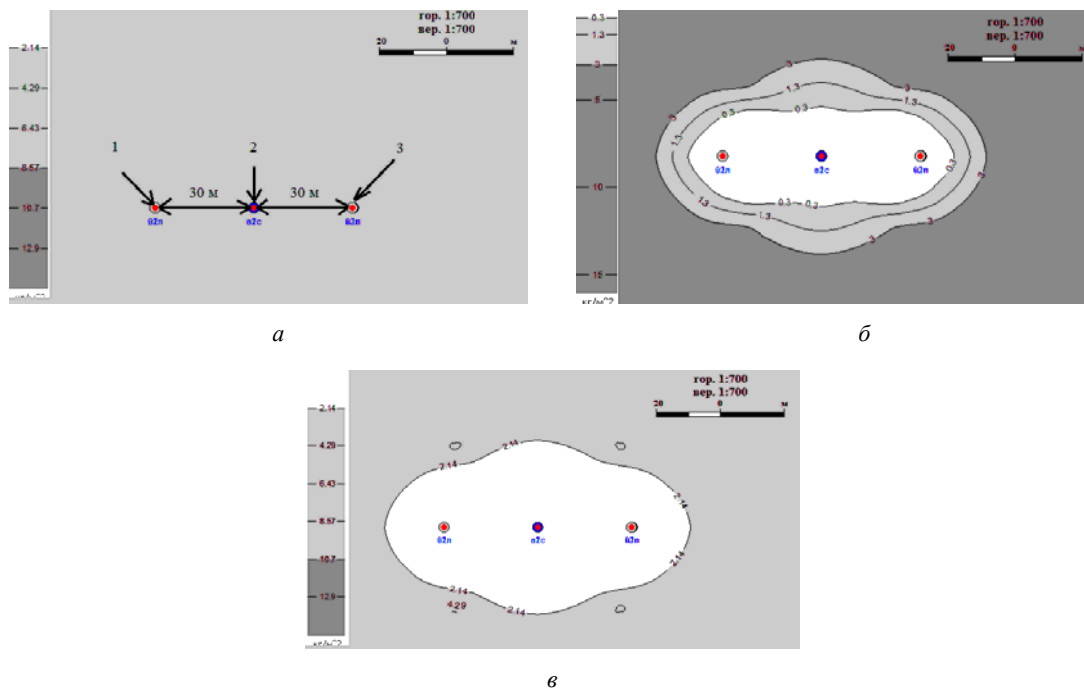


Рисунок 1. Схема распределения продуктивности. Время с начала работы: а - 0 лет; б - 5 лет; в - 9 лет



Рисунок 2. Зависимость концентрации урана в продуктивном растворе (мг/л) от времени.

## 2. Моделирование отработки рудного тела трехскважинной системой.

В данном разделе представлены результаты исследования отработки запасов в вытнутом рудном теле с помощью трех скважиной системы с изменяющимся потоком растворов. Задачами данного этапа работы являлись: определение геотехнологических показателей отработки вытнутого рудного тела трех скважиной системой с изменяющимся потоком растворов, установление времени выщелачивания восьмидесяти процентов исходного запаса урана. Параметры модельного рудного тела: ГРМ 21,520 (Тыс.т), эффективная мощность 6 (м), площадь 2,174 (тыс. м<sup>2</sup>), запас U 7,004 (Т), Средний метропроцент 0,1953 (м\* %), ширина рудного тела 30 (м), длина рудного тела 85 (м). Начальное распределение продуктивности и расположение скважин изображены на рис. 3, а.

Скважины работали в чередующемся режиме. В первом цикле скважины под номерами 1 и 3 являются нагнетательными, скважина под номером 2 работает в режиме откачки. Во втором цикле скважины под номерами 1 и 3 откачные, скважина под номером 2 нагнетательная. Продолжительность циклов по шесть месяцев. Продолжительность моделирования пять лет.



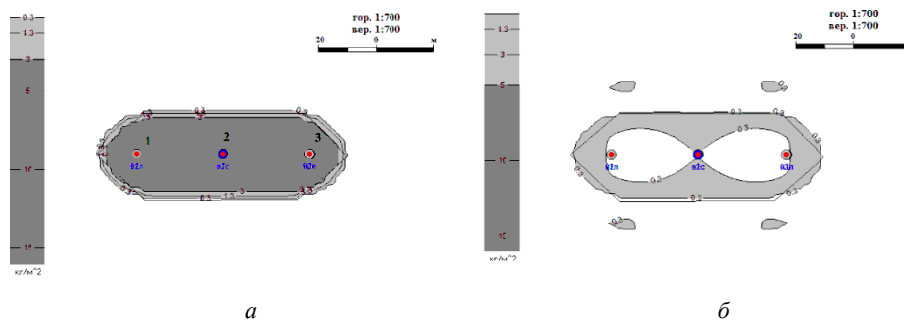


Рисунок 3. Схема распределения продуктивности. Время с начала работы: а – 0 лет; б – 4,5 года

На рис. 4, а видно, что концентрация урана в продуктивном растворе максимальна в первый год (70 мг/л), к пятому году работы она падает до 10 мг/л. Из графика на рис. 4, б очевидно, что восемьдесят процентов урана выщелачивается к четверем с половиной годам после начала работы.

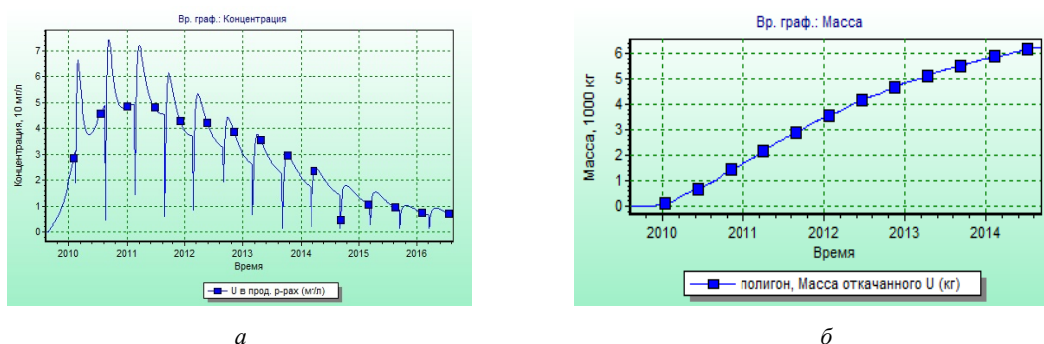


Рисунок 4. Графики зависимости от времени: а - концентрации урана в продуктивных растворах (мг/л); б – массы откачанного урана (кг)

На основе проведенных исследований можно сделать вывод, что извлечение восьмидесяти процентов урана происходит к четверем годам и шести месяцам после начала работы трех скважиной системы с изменяющимся потоком растворов. Результаты расчета геотехнологических показателей отработки рудного тела при извлечении восьмидесяти процентов урана представлены в таблице 1.

Таблица 1. Основные геотехнологические показатели отработки рудного тела при выщелачивании восьмидесяти процентов урана

Название	Значение (моделирование)
Время работы (Лет)	4,5
ж/т (м <sup>3</sup> /т)	7,33
Расход кислоты (Тыс.т)	0,49
Кислотоемкость (Кг/т)	22,61
Удельный расход кислоты (Кг/Кг)	84,72
Степень извлечения ( %)	82,02
Извлечено U (т)	5,74

3. Оценка экономической эффективности отработки рудного тела трех скважиной системой. В данном разделе представлены результаты оценки экономической эффективности трех скважиной системы с изменяющимся потоком растворов. На основе геотехнологических показателей проведены экономические расчеты себестоимости добычи урана по добычному комплексу.

Себестоимость добычи одного килограмма урана по добычному комплексу складывается из эксплуатационных расходов (839 руб/кг) и затрат на горно-подготовительные работы (944 руб/кг) (бурение, оснащение и обвязка технологических скважин). Эксплуатационные расходы включают в себя затраты на: реагенты (223 руб/кг), транспортировку растворов (144 руб/кг), погружные насосы (39 руб/кг) и двигателя (64 руб/кг), и прочие эксплуатационные расходы (369 руб/кг). Расходы на реагенты включают в себя затраты на кислоту (146 руб/кг) и окислитель (78 руб/кг). Таким образом средняя себестоимость добычи урана по добычному комплексу составляет около 1780 (руб/кг), что может считаться приемлемым с экономической точки зрения.

### **Заключение**

Математическое моделирование является результативным способом исследования эффективности применения однорядных схем расположения скважин для добычи урана из небольших узких вытянутых рудных тел. Результаты моделирования отработки рудного тела показывают, что извлечение восьмидесяти процентов урана происходит за четыре с половиной года.

Таким образом, можно сделать вывод, что применение однорядной трех скважиной системы с изменяющимся потоком растворов для добычи урана из малого узкого вытянутого рудного тела является приемлемым с экономической и технологической точки зрения. Данный способ может быть рекомендован для использования в АО "Далур", а также других предприятиях, добывающих уран методом СПВ.

### **Список литературы**

1. Добыча урана методом подземного выщелачивания / В.А. Мамилов, Р.П. Петров, Г.Р. Шушания и др. – Москва : Атомиздат, 1980. – 248 с.
2. Справочник по геотехнологии урана / В.И. Белецкий, Л.К. Богатков, Н.И. Волков и др. – Москва : Энергatomиздат, 1997. – 672 с.
3. Уран Российских недр / Г.А. Машковцев, А.К. Константинов, А.К. Мигута и др. – Москва : ВИМС, 2010.
4. Программный комплекс для управления разработкой месторождения полезных ископаемых методом скважинного подземного выщелачивания / А.Д. Истомин, М.Д. Носков, А.Г. Кеслер и др. // Горный информационно-аналитический бюллетень. – 2011. – № 8. – С. 376–381.

# ИЗУЧЕНИЕ СПОСОБА ПРИМЕНЕНИЯ ИСКУССТВЕННЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОЛЕЙ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ СКВАЖИН

И.В. Канафин, Д.В. Космылин

vradlik@gmail.com

Научный руководитель: Шарафутдинов Р. Ф., проф., д.ф.-м.н. ФГБОУ ВО «Башкирский государственный университет», г. Уфа, Россия

## Введение

На сегодняшний день одной из важных задач контроля за техническим состоянием скважин является проблема выделения каналов межпластовых перетоков. Для решения данного вопроса используются различные геофизические методы, в число которых входит традиционная термометрия. Несмотря на совершенствование технологии геофизических исследований скважин, в ряде случаев точное определение наличия заколонной циркуляции (ЗКЦ) проблематично, в частности, заколонных перетоков «сверху». Поэтому развитие новых методов поиска ЗКЦ весьма актуально.

Одним из перспективных направлений развития скважинной термометрии является использование искусственных тепловых полей (метод активной термометрии [1, 2]), заключающийся в исследовании формирования теплового поля, создаваемого искусственным источником тепла, в частности, при индукционном воздействии [5]. К настоящему времени по данной методике исследовано более 30 скважин в различных регионах России. Эффективность метода активной термометрии оказалась высокой.

Для изучения процессов, происходящих в трубе, при наличии движения флюида в затрубном пространстве необходимо провести исследование тепловых полей, формирующихся внутри трубы при индукционном нагреве [5].

## Экспериментальные исследования

В лаборатории термометрии кафедры геофизики БашГУ была сконструирована экспериментальная установка – модель скважины с имитацией заколонных перетоков [3]. Схематический эскиз модели приведен на рис. 1. Установка представляет собой стальную трубу (6) внутренним диаметром 150 мм, толщиной стенки 4,5 мм и высотой 2200 мм. Каналы заколонной циркуляции флюида на модели имитируются плотно прижатыми к стальной трубе медными трубочками (1) малого диаметра. Всего в модели имеется 28 медных трубочек. Для индукционного воздействия на стальную трубу в модели реализовано 2 индукционных нагревателя (5).

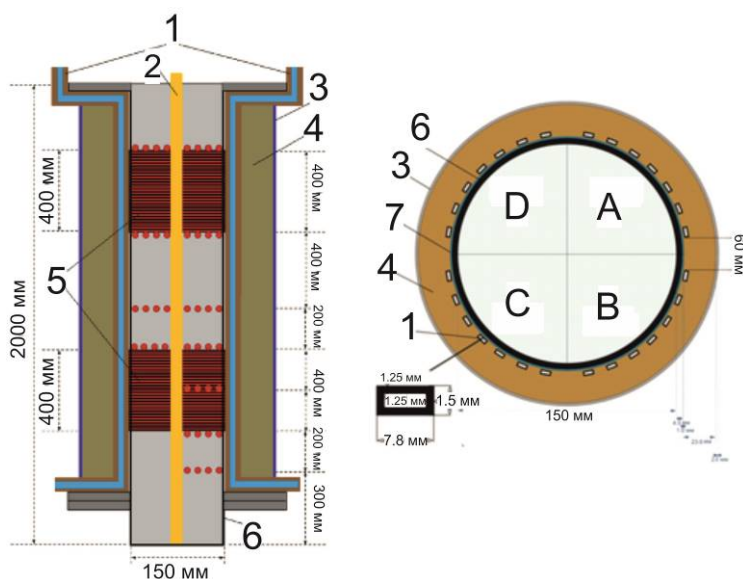


Рис. 1. Схематическое представление экспериментальной установки.

Регистрация температуры в модели осуществлялась при помощи специально сконструированного температурного зонда (2). Он содержит 8 уровней, на которых были закреплены термопары для контроля температуры жидкости, которой в процессе экспериментов наполнялась труба.

### Результаты экспериментов

На рис. 2 приведены результаты одного из экспериментов, проведенных на установке. Рис. 2, а описывает распределение температуры жидкости (воды), которой была наполнена труба, в зависимости от высоты модели. Красным цветом выделена зона индукционного нагрева. Как видно из графика, максимальное значение температуры на оси трубы наблюдается не на кровле нагревателя, а выше него на 0.2 м.

Рис. 2, б представляет собой график изменения температуры жидкости в 5 мм от стенки трубы. Максимальное значение температуры наблюдается на кровле нагревателя. На графика также можно заметить падение температуры на уровне, отстоящем выше кровли индуктора на 0.2 м. Данное обстоятельство можно объяснить активным включением конвективных потоков в жидкости в процессе индукционного нагрева.

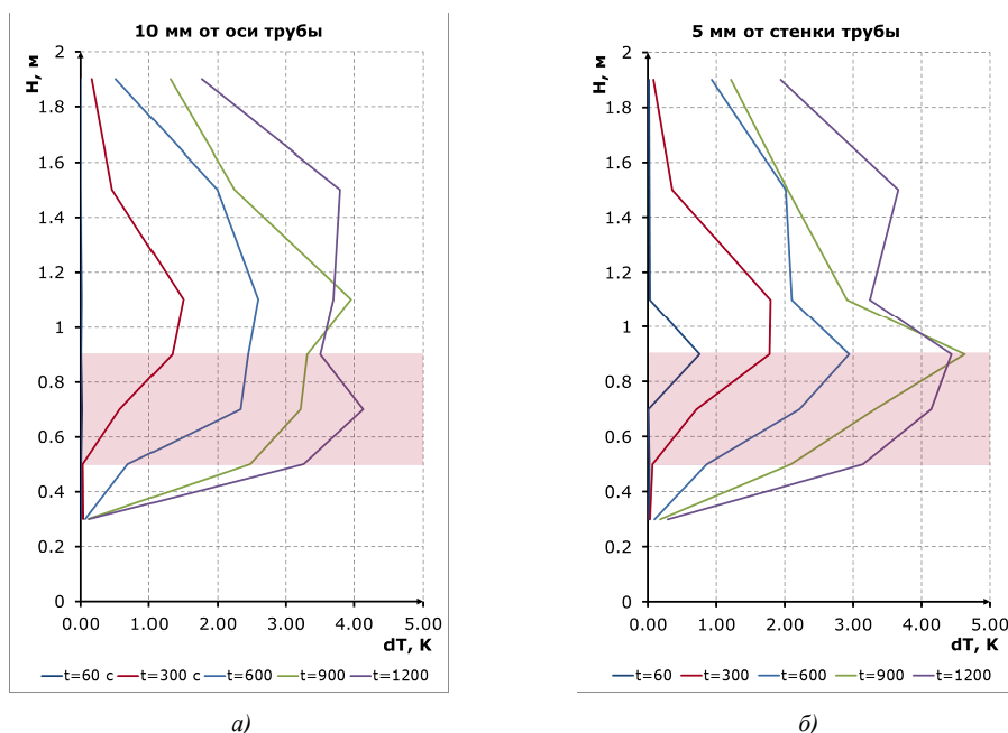


Рис.2. Распределение температуры жидкости в модели по высоте вдоль оси:  
а) на 10 мм от оси трубы; б) в 5 мм от внутренней стенки трубы.

На следующем графике (рис. 3) приведены результаты серии экспериментов, направленных на поиски каналов заколонного перетока. Мощность индуктора, дебит заколонного перетока в экспериментах сохранялись постоянными. Переток осуществлялся по секторам А и В. По полученным данным температуры была построена так называемая температурная «развертка», представляющая собой зависимость избыточной температуры от угла ориентации датчика в эксперименте. На рис. 3 приведена «развертка» данных температуры на уровне, отстоящем выше кровли индуктора на 0.2 м. Результаты показывают, что в секторах с наличием заколонного движения флюида прослеживается «провал» температуры. Следовательно, эффективность метода активной термометрии для выделения каналов заколонного перетока очень высока. Но для более детального определения каналов ЗКЦ требуется усовершенствование температурного зонда.

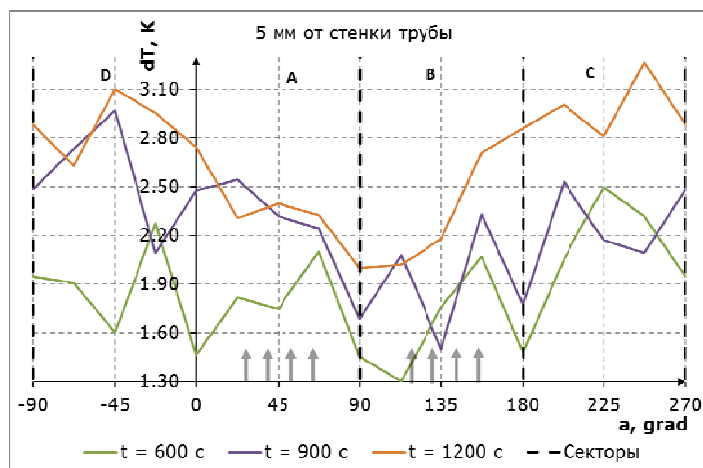


Рис. 3. Распределение температуры жидкости в модели по азимуту на уровне выше кровли индуктора на 0.2 м

### Выводы

Как было показано выше, разработанная экспериментальная установка – модель скважины позволяет моделировать заколонные перетоки и успешно регистрировать их. В дальнейшем на данной установке будет произведена оптимизация технологии проведения исследований скважин по методу активной термометрии и параметров скважинной аппаратуры.

В результате проведенной серии экспериментов были сделаны следующие выводы:

1. Для более детального определения канала заколонного перетока необходимо обеспечить тепловой контакт датчиков температуры с колонной, т.е. требуется разработка прижимного азимутального температурного зонда.
2. Величина температурной аномалии на кровле индуктора в центре трубы остается практически неизменной в первые 60 с нагрева.
3. Наиболее благоприятным временем для выделения каналов ЗКЦ при нагреве является время 1200 с.
4. В процессе нагрева наблюдается рост температуры жидкости у стенки стальной трубы ниже подошвы индуктора на 0.2 м, а в центре трубы на том же уровне нагрев не столь очевиден.

### Список литературы

1. К вопросу диагностики заколонного перетока снизу методом активной термометрии / Р.А. Валиуллин, Р.Ф. Шарафутдинов, М.Ф. Закиров, В.Я. Федотов // Сборник статей конференции «PERSPECTIVE INNOVATIONS IN SCIENCE, EDUCATION, PRODUCTION AND TRANSPORT '2013». – Одесса. 2013.
2. Использование нестационарной термометрии для диагностики состояния скважин / Р.А. Валиуллин, Р.Ф. Шарафутдинов, В.Я. Федотов и др. // Нефтяное хозяйство. – 2015. – №5. – С. 93–96.
3. Исследование азимутального распределения температуры при диагностике заколонных перетоков / И.В. Канафин, Р.А. Валиуллин, Р.Ф. Шарафутдинов, В.Я. Федотов // Сборник докладов «Десятой молодежной научно-практической конференции». – Уфа. – 2015. – С. 130–132.
4. Патент №2194160, Способ активной термометрии действующих скважин. Авт. Валиуллин Р.А., Шарафутдинов Р.Ф., Рамазанов А.Ш., Дрягин В.В., Адиев Я.Р., Шилов А.А. 2002 г.
5. Федотов В.Я. Применение индукционных нагревателей при исследовании скважин / В.Я. Федотов, М.Ф. Закиров // Тезисы докладов конференции, XXII Международная специализированная выставка «Газ. Нефть. Технологии-2014». – Уфа. – 2014. – С.69–71.

# КОНСТРУКЦИЯ УНИВЕРСАЛЬНОЙ УСТАНОВКИ, ПРЕДНАЗНАЧЕННОЙ ДЛЯ ЛИКВИДАЦИИ АВАРИЙНЫХ РАЗЛИВОВ НЕФТЕПРОДУКТОВ, НА ОСНОВЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ

Д.А. Нечаев

nechaevdmitryrf@gmail.com

*Научный руководитель: Шадрина А.В., д. т. н., доцент, кафедра ТХНГ, НИТПУ*

С увеличением объемов и расширением масштабов добычи, транспортировки, переработки и использованием нефти и нефтепродуктов возросли проблемы, связанные с загрязнением окружающей среды. На данный момент существует огромное количество устройств, предназначенных для ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов (ЛАРН) [2]. Основные недостатки существующего на данный момент оборудования:

1. Использование большого количества устройств значительно увеличивает время ликвидации.
2. При выходе из строя одной из установок приостанавливается целый цикл работ ЛАРН.
3. Большинство используемых при ликвидации разливов машин не универсальны в использовании [4].

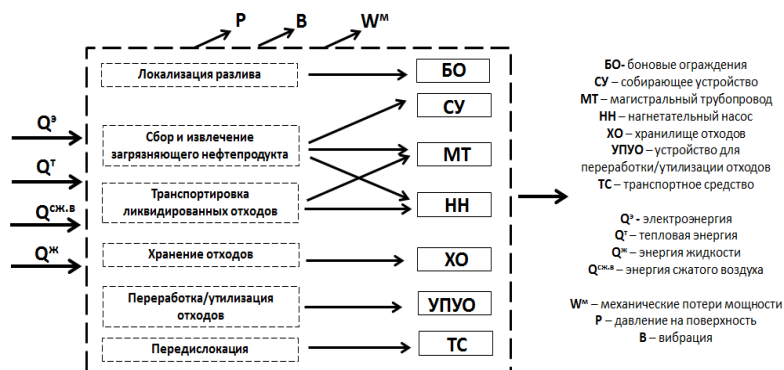
Следуя из вышеперечисленных недостатков, возникла необходимость в создании функциональной модели, которая позволит проектировать устройства, обеспечивающие быстрый и качественный процесс ЛАРН. Для достижения данной цели были выполнены следующие виды работ:

1. Проведен анализ рынка устройств, используемых при ликвидации разливов нефтепродуктов, и осуществлена классификация данных устройств по уровню агрегатирования, т. е. по возможности ликвидации разлива данной технологической машиной [1]. Уровень агрегатирования  $A_y$  предлагается определять по формуле  $A_y = K_{TM}/K_{ПЛ}$  ( $K_{TM}$  – количество выполняемых операций одной машиной,  $K_{ПЛ}$  – количество операций, которое необходимо для полного окончания процесса ЛАРН).

2. В соответствии с формулой предложена следующая классификация устройств ЛАРН: *индивидуальные машины* ( $A_y < 1$ , данный тип оборудования выполняет только 1 операцию), *машины-полуагрегаты* ( $A_y \approx 1$ , выполняют не менее 2-х операций), *машины-агрегаты* ( $A_y \geq 1$ , выполняют 3 и более операций) [3].

3. Выделены основные функции, необходимые для полного выполнения ликвидации: *локализация разлива, сбор и извлечение загрязняющего нефтепродукта, транспортировка ликвидированных отходов, хранение отходов, переработка/утилизация отходов, передислокация.*

4. На основании полученных данных составлена функциональная модель, представляющая собой совокупность необходимых энергетических ресурсов для работы будущей установки, набора функций по обеспечению ЛАРН и применяемых на рынке установок, выполняющих данные функции (рис. 1).



*Рисунок 1. Функциональная модель универсальной установки, предназначенной для ликвидации разливов нефтепродуктов*

Данная функциональная модель успешно применяется в разработке новых конструкций установок по ликвидации разливов на базе кафедры ТХНГ НИТПУ. Используя модель, нами были выделены основные функции, которые необходимо учитывать при построении конструкции оборудования

ния для ликвидации разлива нефти, это: сбор и извлечение загрязняющего нефтепродукта, транспортировка ликвидированных отходов, переработка/утилизация отходов, передислокация (рис. 2).

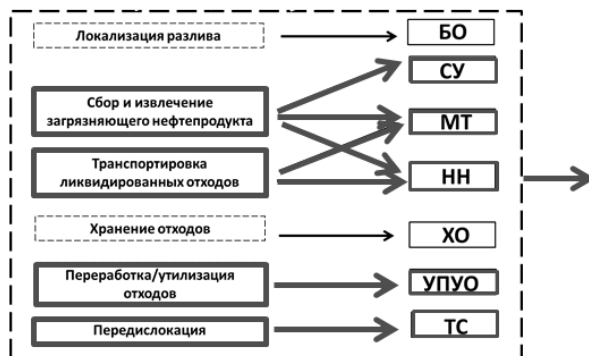


Рисунок 2. Применение функциональной модели при создании универсального многофункционального устройства ЛАРН

Конструкция данной установки представляет собой систему устройств, устанавливаемых на ковш экскаватора или судового крана, при этом сбор нефтепродукта осуществляется посредством заборного устройства барабанного, дискового или щеточного типа, емкостью для сбора и перекачки нефти является сам ковш (рис. 3). Погружной насос, который устанавливается во внутренней полости ковша, выполняет откачку собранной нефтесодержащей смеси, которая в дальнейшем перекачивается по сети магистральных трубопроводов в резервуар для хранения и дальнейшей переработки. После механического сбора разлива, производится дезактивация и сбор при помощи сорбирующего устройства. Из специальной камеры хранения заранее приготовленный сорбент по магистральному трубопроводу перемещается к специальному распылительному устройству, установленному на внешней части ковша. Таким образом, данная конструкция установки, совмещающая в себе как механический, так и химический способ ликвидации, позволяет производить более качественную обработку разлива (рис. 4).

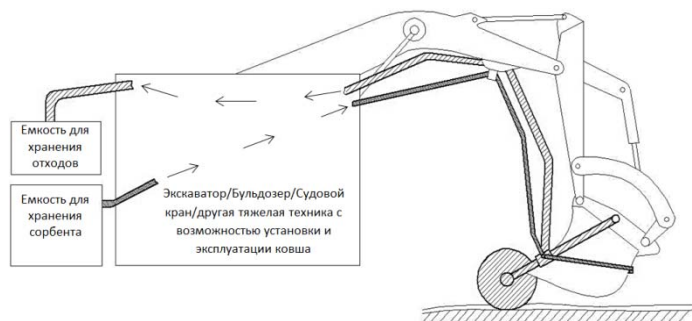


Рисунок 3. Схема установки универсального многофункционального устройства ЛАРН на технологическое оборудование, имеющее в своей конструкции ковш



Рисунок 4. Схема работы универсального многофункционального устройства ЛАРН



Исходя из всего вышеперечисленного, стоит отметить, что данная конструкция позволяет установке быть мобильной, универсальной и более простой в эксплуатации, но при этом не менее эффективной по сравнению с существующими в настоящее время аналогами. Использование ковша в качестве основы конструкции, позволяет производить ЛАРН уже с первого уровня реагирования по Федеральному плану ЛРН [5]. Таким образом, данная установка позволяет значительно уменьшить время ликвидации разлива.

Итак, в целях дальнейшего повышения эффективности процесса ликвидации аварийных разливов нефтепродуктов необходимо создание конструкции универсальной установки, на основе представленной в данной статье функциональной модели, схемы работы, а также схемы установки данного оборудования на то или иное технологическое оборудование. В конечном итоге, необходимо провести расчеты на оптимизацию, экономическую и экологическую рентабельность данной многофункциональной установки.

#### Список литературы

1. Крец В. Г. Машины и оборудование газонефтепроводов: учебное пособие / В.Г. Крец, А. В. Рудаченко, В.А. Шмурыгин ; Томский политехнический университет. - Томск: Изд. ТПУ, 2013.– 376 с.
2. Луценко А.Н., Катин В.Д. Передвижная установка для очистки рабочих поверхностей от разливов нефтесодержащих жидкостей и сбора сыпучих мелкокусковых материалов: Пат. 104197 Российская Федерация: МПК E01P 1/08 (2006.01). Хабаровск, ДВГУПС. № 2010144258/21; заявл. 28.10.2010; опубл. 10.05.2011, Бюл. №13. 3 с.
3. Нечаев Д.А. Оценка технических средств нейтрализации аварийных разливов нефтепродуктов [Электронный ресурс] // ТВОРЧЕСТВО ЮНЫХ – ШАГ В УСПЕШНОЕ БУДУЩЕЕ Материалы VIII Всероссийской научной студенческой конференции с элементами научной школы имени профессора М.К. Коровина, 23-27 ноября 2015. – Томск: ТПУ, 2015 – С. 461–463. – Режим доступа: <http://portal.tpu.ru/files/conferences/sbornik-korovin-VIII.pdf>
4. Пашаян А.А. Проблемы очистки загрязненных нефтью вод и пути их решения / А.А. Пашаян, А.В. Нестеров // Экология и промышленность России – май 2008. – С.32–35. Продукция компании НД-ЭкоСистем [Электронный ресурс] // [ndecosystems.ru](http://ndecosystems.ru). – Режим доступа: <http://www.ndecosystems.ru/products/>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 20.10.2015).
5. РД 153-39.4-114-01 Правила ликвидации аварий и повреждений на магистральных нефтепроводах [Электронный ресурс] // <http://www.gosthelp.ru> – Режим доступа: <http://www.gosthelp.ru/text/RD15339411401Pravilalikvi.html>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 10.04.2016).
6. Применение диспергентов для обработки нефтяных разливов [Электронный ресурс] // <http://www.itopf.com>. – Режим доступа: <http://www.itopf.com/ru/knowledge-resources/documents-guides/document/-40b0e2bd77>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 02.02.2016).
7. Применение скиммеров при ликвидации разливов нефти [Электронный ресурс] // <http://www.itopf.com>. – Режим доступа: <http://www.itopf.com/ru/knowledge-resources/documents-guides/document/05-primenenie-skimmerov-pri-likvidacii-razlivov-nefti/>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 02.02.2016).
8. Продукция компании Lamog «Крупногабаритные нефтесборные системы» [Электронный ресурс] // <http://global.lamog.com>. – Режим доступа: <http://global.lamog.com/ru/продукция>, свободный. – Загл. с тит. экрана (дата обращения: 15.01.2016).



# ИССЛЕДОВАНИЕ СЕПАРАЦИОННЫХ ПРОЦЕССОВ В РЕЖИМАХ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УСТРОЙСТВ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ ПОДГОТОВКИ НЕФТИ

Е.В. Николаев

nickolaev\_evgeny@mail.ru

*Научный руководитель: Харламов С.Н., д.ф.-м.н., профессор Национальный исследовательский Томский политехнический университет, г. Томск, Россия*

Эффективное прогнозирование процессов разделения является важной частью при проектировании и эксплуатации оборудования для многоступенчатой сепарации нефти. В настоящее время существует большое количество эмпирических уравнений, с различной степенью точности позволяющих прогнозировать термодинамические процессы в углеводородных средах. Известно [1], что в практике прикладных расчетов состава вязких систем очень популярны модели с многокоэффициентными, а также полиномиальными связями между искомыми параметрами. В частности, наиболее удобными, относительно простыми и корректными в сравнении с имеющимися опытными данными являются полиномиальные уравнения состояния. Чувствительные к реальным возмущениям в рабочем процессе они прогнозируют свойства чистых веществ и смесей с большей надежностью в сравнении с моделями, включающими многокоэффициентные уравнения состояния. Стоит заметить, что отдельный анализ достоинств методик прогноза свойств углеводородных сред по указанным уравнениям, представленный в [1] показывает, что проблемы разделения в смесях еще далеки от завершения и требуют детального исследования, особенно в части эволюции структуры веществ в режимах интенсификации массопереноса. В связи с этим *цель* настоящей работы состоит в: выявлении закономерностей процесса сепарации в углеводородных средах; выдаче рекомендаций в практику прикладных расчетов компонентного состава сложных гомогенных систем в следующем диапазоне изменений термобарических условий – температуры  $T \cong 0 - 70$  °С и давления  $P \cong 50 - 70$  кПа.

Расчет фазового равновесия производится в первом приближении с помощью совместного решения уравнений Дальтона и Рауля, предположив, что паровая фаза будет подчиняться законам идеального газа, а жидкая фаза будет являться идеальным раствором. Второе приближение с помощью уравнений состояния проводится путем итераций и основано на применении аксиоматических положений термодинамики в многокомпонентных системах – равнозначности летучестей компонентов смеси во всех сосуществующих фазах [1, 2]. В качестве метода решений на первых итерациях применяют метод последовательных приближений. Если решения не достигают, то поиск продолжают методом Ньютона [1].

Модель первой ступени сепарации была построена на базе данных пластовой нефти Вынгапуровского месторождения [3], у которой обводненность  $G=72,5$  %, плотность  $\rho=817,4$  кг/м<sup>3</sup>, молекулярная масса  $M=91$  кг/кмоль с помощью программного комплекса Aspen HYSYS в стационарном режиме в рамках равновесной термодинамики. При формулировке модели приняты *следующие допущения*: режим стационарный; геометрия сепаратора не учитывается; расходы газа и жидкости постоянны; давление и температура в сепараторе постоянны; система находится в термодинамическом равновесии; пренебрегаются тепловые потери через стенку сепаратора за счет температуры окружающей среды; гидравлическое сопротивление емкости и штуцеров сепаратора пренебрежимо малы.

Заметим, что усилия по корректировке алгоритмов, по которым работает HYSYS, в силу его закрытости бесперспективны [4]. В качестве термодинамического пакета было выбрано уравнение состояния Пенга-Робинсона, которое в полиномиальной форме имеет вид [2, 5]:

$$Z^3 + (B - 1)Z^2 + (A - 2B - 3B^2)Z + (B^2 + B^3 - AB) = 0. \quad (1)$$

Здесь  $A$ ,  $B$  – коэффициенты уравнения, которые выражаются через критические свойства и ацентрические факторы компонентов, а также через давление и температуру системы;  $Z$  – коэффициент сжимаемости.

Усовершенствованное фирмой Huprotech данное уравнение состояния (1) наиболее точно описывает разнообразные системы в широком диапазоне термобарических условий по сравнению с другими уравнениями. Поэтому многие специалисты в своих исследованиях используют именно это уравнение, как в России, так и за рубежом, например [6, 7]. Существуют данные [2], что результаты расчета, полученные в программе HYSYS на базе уравнения Пенга-Робинсона, могут не совпадать

с результатами, полученными с помощью других коммерческих программ на базе аналогичного уравнения. Возможно, это связано с тем, что уравнение состояния Пенга-Робинсона в среде HYSYS содержит модифицированные коэффициенты бинарного взаимодействия [2].

Для валидации и верификации модели и ее результатов использовались данные расчетов других авторов (например, [3]) при аналогичных термобарических условиях:  $P=0,6$  МПа,  $T=15^\circ\text{C}$ . В качестве термодинамического пакета помимо уравнения состояния Пенга-Робинсона, с целью сравнительного анализа, были использованы различные модели: уравнение состояния Ли-Кеслера-Плокера, полуэмпирическая модель Грейсона-Стрида, уравнение NRTL (non-random two-liquid), разработанное Реноном и Праусницем (табл. 1).

Таблица 1. Среднее расхождение результатов моделирования компонентного состава выходящего потока газа в HYSYS с использованием различных термодинамических пакетов с результатами работы [3]

Пенга–Робинсона	Ли-Кеслера-Плокера	Ренона–Праусница	Грейсона–Стрида
6,82	9,57	8,38	11,43

Из таблицы видно, что наилучшую корреляцию с результатами работы [3] дало уравнение состояния Пенга-Робинсона, тем самым подтвердив свое превосходство над другими уравнениями. При этом стоит отметить, что концентрации легких углеводородов (метан, этан, пропан), углеводородов  $C_{6+}$  и неуглеводородных компонентов в выходящем потоке газа хорошо коррелируют с данными работы [3], а концентрации бутанов и пентанов имеют относительно высокое расхождение, что объясняется нехваткой информации входных данных промышленного сепаратора и различием методов расчета. Тем не менее, среднее расхождение с использованием уравнения состояния Пенга-Робинсона составляет 6,82 %.

В качестве оценки, провели сравнение компонентного состава газа при условиях из работы [3] ( $P=0,6$  МПа,  $T=15^\circ\text{C}$ ) с компонентным составом газа при предлагаемых условиях ( $P=0,7$  МПа,  $T=0^\circ\text{C}$ ). Таким образом, выяснили, что применив данные условия к существующему сепаратору, гипотетически, удалось бы добиться снижения концентрации тяжелых углеводородов ( $C_{4+}$ ) в выходящем потоке газа до 48,41 %.

Построены поверхности эволюции концентраций компонент в выходящем потоке газа в зависимости от изменений температуры и давления. Некоторые из них представлены на рис. 1–4.

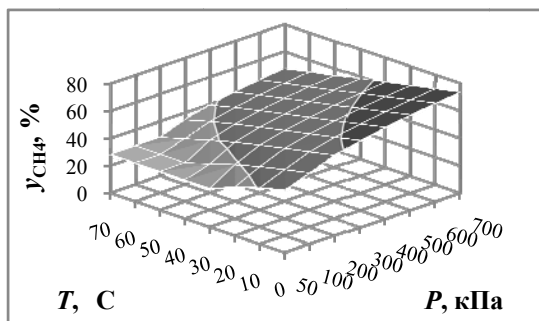


Рисунок 1. Эволюция концентрации метана ( $y_{\text{CН}_4}$ ) в зависимости от  $T$  и  $P$

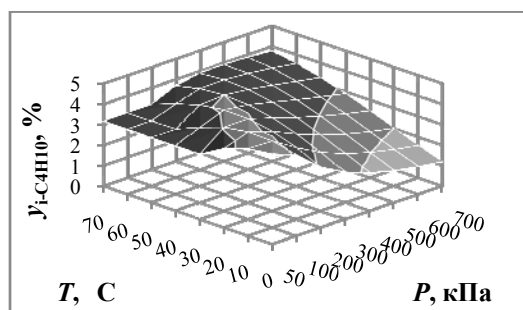


Рисунок 2. Эволюция концентрации изобутана ( $y_{i\text{-CН}_{10}}$ ) в зависимости от  $T$  и  $P$

Из рисунков видно, что поведение концентрации метана монотонно, в эволюции концентрации изобутана существуют экстремумы не только в плоскостях изотерм, но и в плоскостях изобар. Подробности поведения концентраций данных компонент представлены в табл. 2.

Таблица 2. Описание эволюции концентраций компонент в выходящем потоке газа в зависимости от изменений  $T$  и  $P$

№	Компонент	Плоскости изотерм	Плоскости изобар
1	Метан	Во всех изотермах с увеличением давления концентрация возрастает.	Во всех изобарах с увеличением температуры концентрация убывает.
2	Изобутан	В изотермах $T = \{20, 30, 40, 50, 60, 70\}^{\circ}\text{C}$ имеются экстремумы при $P = \{100, 200, 200, 300, 400, 500\}$ кПа соответственно. В остальных изотермах концентрация с увеличением давления убывает.	В изобарах $P = \{100, 200, 300, 400\}$ кПа имеются экстремумы при $T = \{20, 40, 50, 60\}^{\circ}\text{C}$ соответственно. В изобаре $P = 50$ кПа с увеличением температуры концентрация убывает, а в изобарах $P = \{500, 600, 700\}$ кПа – возрастает.

Расчеты показывают, что существуют условия, при которых значения концентрации каждого компонента в HYSYS остаются неизменными. Эти условия имеют место в плоскости изобары  $P = 50$  кПа при температурах  $T \cong 30 - 70^{\circ}\text{C}$ , в плоскости изобары  $P = 100$  кПа при температурах  $T \cong 50 - 70^{\circ}\text{C}$  и в плоскости изотермы  $T = 70^{\circ}\text{C}$  при давлениях  $T \cong 50 - 200$  кПа. Данные условия находятся за пределами двухфазной области в области однофазного ненасыщенного газового состояния, т.е. в той области, где фазовое равновесие невозможно. Поэтому HYSYS показывает одинаковые компонентные составы в выходящих из сепаратора паровом и жидком потоках, т.е. константа фазового равновесия  $K_i = 1$  для всех компонентов.

Помимо расчета фазового равновесия были проведены расчеты теплофизических свойств газовой смеси, таких как коэффициент динамической вязкости, теплопроводности, диффузии, а также критериев подобия тройной аналогии (чисел Прандтля, Шмидта и Льюиса). Вычисления вязкостей компонентов проводились с помощью метода статистической механики [8] и метода соответственных состояний [9], а для смеси использовалось уравнение Вильке [10], которое дает достаточно точные результаты. Средние расхождения результатов расчета вязкости методом соответственных состояний и методом статистической механики с результатами HYSYS составили 13,82 и 18,72 %, соответственно. Важно отметить, что тенденции изменений вычисленных значений коэффициентов динамической вязкости различными методами повторяют тенденцию изменения значений, полученных с помощью программного продукта HYSYS в зависимости от изменения температуры.

Коэффициент теплопроводности компонентов смеси газов по методике Гиршфельдера, Берда и Кертисса с поправкой Эйкена [8] прямо пропорционально зависит от коэффициента динамической вязкости, поэтому для двух вариантов вязкостей, рассчитанных вышеперечисленными методами, были вычислены коэффициенты теплопроводности компонентов. Для расчета теплопроводности смеси использовали уравнение А. Васильевой [11]. Результаты расчетов показали очень близкие значения с результатами HYSYS, средние расхождения составляют при использовании вязкостей, полученными с помощью метода соответственных состояний и метода статистической механики, соответственно, 1,14 и 3,33 %.

В характеристике локальных явлений в многокомпонентных системах важным является не только представление о взаимодействии отдельных компонентов, но и общая картина поведения системы. Поэтому, предположив, что молекулы газа физически идентичны, вычислили коэффициент самодиффузии для смеси в целом. Полученные результаты показали, что поведение коэффициента самодиффузии смеси напоминает поведение коэффициента динамической вязкости и теплопроводности. Таким образом, такой подход качественно описывает процессы диффузии в смеси газов, показывая картину диффузии в целом.

Результаты расчетов числа Прандтля, Шмидта и Льюиса определены в диапазоне соответствующих значений для реальных газов. Более того, установлено, что существуют условия, при которых профили температуры и компонентного состава смеси идентичны между собой.

**Заключение.** Результаты настоящего исследования и их детальный анализ позволяет сформулировать следующие выводы:

1) показано, что эволюции концентраций метана, углеводородов  $C_{6+}$  выше, азота и двуокиси углерода в выходящем потоке газа в зависимости от изменения температуры и давления происходят монотонно, а концентрации этана, пропана, бутанов и пентанов, как в плоскостях изобар, так и в плоскостях изотерм имеют экстремальные зависимости, проходящие через максимум;

2) выявлено, что при условиях  $T=0^{\circ}\text{C}$  и  $P=700$  кПа в существующем сепараторе гипотетически удалось бы достичь снижения концентрации тяжелых углеводородов ( $\text{C}_{4+\text{высшие}}$ ) в выходящем потоке газа до 48,41 %;

3) расчет теплофизических свойств показал, что полученные результаты с помощью метода статистической механики и метода соответственных состояний успешно коррелируют с результатами HYSYS;

4) установлено, что существуют условия, при которых профили температуры и компонентного состава смеси идентичны между собой.

Отмеченное выше позволяет утверждать, что в многокомпонентных системах фазовые процессы достаточно успешно предсказываются на базе представленной математической модели. В подобных смесях интенсифицируются механизмы переноса тепла и массы, как за счет прямых, так и скрещивающихся эффектов. Пренебрежение последними способно заметно исказить картину сепарации в смесях с переменными термобарическими условиями и фазовыми эффектами.

### Список литературы

1. Брусиловский А.И. Фазовые превращения при разработке месторождений нефти и газа / А.И. Брусиловский. – Москва :Грааль, 2002. – 572 с.
2. Базис HYSYS. – AspenTech, Версия 2006. – 311 с.
3. Леонтьев С.А. Обоснование рациональных технологических параметров подготовки скважинной продукции Вынгапуровского месторождения / С.А. Леонтьев, А.Н. Марченко, О.В. Фоминых // Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2012. – № 3. – С. 211 – 221.
4. Акберов Р.Р. Особенности расчета фазового равновесия пар-жидкость многокомпонентных систем при использовании уравнения Соава-Редлиха-Квонга / Р.Р. Акберов // Теорет. основы хим. технологии, 2009. – Т. 45. – № 3. – С. 329 – 335.
5. Peng D.Y., Robinson D.B. A new two-constant equation of state // Ind. Eng. Chem. Fundam. – V. 15 (1976). – PP. 59 – 64.
6. Фаловский В.И. Современный подход к моделированию фазовых превращений углеводородных систем с помощью уравнения состояния Пенга–Робинсона / В.И. Фаловский, А.С. Хорошев, В.Г. Шахов // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2011. – Т. 13. – № 3. – С. 120 – 125.
7. Kylling O.W. Optimizing separator pressure in a multistage crude oil production plan: thesis Master of Science in Engineering Cybernetics. – Norwegian University of Science and Technology, 2009. – 76 p.
8. Гиршфельдер Дж. Молекулярная теория газов и жидкостей / Дж. Гиршфельдер, Ч. Кертисс, Р. Берд ; ред. Е.В. Ступоченко. – Москва :Издательство иностранной литературы, 1961. – 933 с.
9. Голубев И.Ф. Вязкость газов и газовых смесей / И.Ф. Голубев. – Москва :Физматгиз, 1959. – 377 с.
10. Wilke C.R. A Viscosity Equation for Gas Mixtures // The Journal of Chemical Physics, V. 18, Issue 4, PP. 517 – 519.
11. Wassiljewa A. Wärmeleitung in Gasgemischen // Physikalische Zeitschrift, 5 (1904) PP. 737 – 742.

# ОЦЕНОЧНЫЙ АНАЛИЗ ВОДЫ В КАЧЕСТВЕ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ БЫСТРЫХ РЕАКТОРОВ

Ю.Ю. Николаев

y.y.nikolaev@yandex.ru

*Национальный ядерный университет «МИФИ»*

Современная ядерная энергетика преимущественно представлена реакторами на тепловых нейтронах, которые в качестве топлива используют диоксид урана, делящимся изотопом которого является  $U^{235}$ . Как известно, содержание данного изотопа в природной руде крайне мало, а значит для получения топлива, пригодного для АЭС на тепловых нейтронах, необходимо использовать дополнительную стадию ЯТЦ – обогащение. Преимуществом реактора на быстрых нейтронах является возможность вовлечения в энергетику  $U^{238}$  – основного изотопа в природном уране. Кроме того, реактор на быстрых нейтронах позволяет нарабатывать  $Pu^{239}$  – ценное топливо для ядерной энергетики и атомных бомб. Исходя из данных рассуждений, целесообразным является строительство и эксплуатация реакторов на быстрых нейтронах, проекты которых разработаны во многих странах мира. В данной работе будут рассмотрены два основных направления этой области: реакторы с натриевым теплоносителем и легководные быстрые реакторы. Таким образом, задача сводится к определению наиболее подходящего реактора для промышленного строительства и массовой эксплуатации. Для сравнительного анализа реакторных установок (РУ) необходимо выбрать критерии оценки, совокупность которых позволит определить наиболее подходящую в наших условиях. Данный метод широко применяется при выборе технического решения, когда на этот выбор оказывает влияние множество различных факторов внешней среды. Исходя из специфики задачи, были определены следующие критерии:

## 1. Безопасность РУ

При натриевом пустотном эффекте реактивности отчетливо проявляется смещение спектра. Это связано с тем, что при образовании пустот спектр нейтронов становится более жестким (т.е. растет средняя энергия нейтронов). Но с ростом энергии возрастает количество вторичных нейтронов на деление  $\nu f$  (на каждый МэВ добавка примерно 0.3-0.4), этот рост ведет к прямому росту эффективному коэффициенту размножения. Тем не менее, на урановом оксидном топливе, эффект остается отрицательным. Другой эффект, отчетливо проявляющийся в этих реакторах – влияние утечки нейтронов. В маленьком реакторе образование пузырьков приводит к развитию утечки (прострелы нейтронов) и, как результат, остановке реактора. В большом же реакторе, где утечка незначительна, этот эффект создает проблемы и необходимо искать альтернативные пути его подавления.

Для воды также наблюдается пустотные эффекты реактивности. Однако существует возможность получения разного знака вносимой реактивности это обусловлено тем, что вода является с одной стороны хорошим замедлителем нейтронов, но с другой — и достаточно сильным поглотителем. Таким образом, при изменении плотности теплоносителя имеют место два конкурирующих явления: изменение замедляющих и поглощающих свойств среды. В зависимости от состава активной зоны, суммарный эффект может быть как положительным, так и отрицательным. Для быстрых реакторов с тесными решетками был получен отрицательный коэффициент реактивности и наблюдается более нестабильные режимы работы реактора из-за регулярного кипения, что увеличивает требования к системам безопасности.

## 2. Экономическая составляющая

Наличие трех контуров теплообмена априори ведет к удорожанию строительства АЭС. Помимо этого, присутствуют материальные затраты на плановый ремонт, уход и обслуживание в три раз выше, нежели у системы аналогичной мощности, но с одноконтурной схемой. Получение, очистка и транспортировка натрия является дорогостоящим и сложным процессом из-за его химической активности. Известно, что для быстрых реакторов необходима высокая чистота, порядка 99,95 %, то есть не более  $5 \cdot 10^{-4}$  примесей.

Для водного же теплоносителя все процессы проще и экономически выгоднее. Для очистки воды применяется система сооружений уже на самой АЭС, а значит, отсутствует потребность в длительной транспортировке. Вода является более распространенным материалом, и получить её требуемого качества является менее трудоемкой задачей, а значит и экономически выгодней.

### 3. Физические свойства теплоносителя

Натрий серебристо-белый металл, расплав которого под давлением становится прозрачным и красным, как рубин. Имеет плотность  $0,97 \text{ г/см}^3$ , температуру плавления  $98 \text{ }^\circ\text{C}$  и температуру кипения  $883 \text{ }^\circ\text{C}$ . Макросечение взаимодействия для нейтронов с энергией  $1 \text{ МэВ}$  при концентрации теплоносителя  $6 \cdot 10^{23} \frac{\text{шт}}{\text{см}^3}$  составляет  $2,3 \frac{1}{\text{см}}$ . Натрий химически активен, реакции с воздухом и водой проходят с выделением тепла и взрыва, а значит он требует повышенной изоляции и контроля. При комнатной температуре затвердевает.

Вода при нормальных условиях представляет собой прозрачную жидкость, не имеет цвета, запаха и вкуса. Имеет плотность  $0,99 \text{ г/см}^3$  и температуру кипения  $100 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для нагревания воды до рабочей температуры АЗ, необходимо создать давление в корпусе порядка  $8 \text{ Мпа}$ . Макросечение взаимодействия для нейтронов с энергией  $1 \text{ МэВ}$  при концентрации теплоносителя  $6 \cdot 10^{23} \frac{\text{шт}}{\text{см}^3}$

составляет  $7,5 \frac{1}{\text{см}}$ . 7. Сравнивая спектры нейтронов, которые получаются при моделировании и расчете двух типов быстрых реакторов с разными теплоносителями, можно сказать, что спектр реактора с натрием жестче чем у воды.

### 4. Технологии

Большую роль в выборе теплоносителя играет наличие технологий, с помощью которых и будет функционировать АЭС. К настоящему моменту в России имеется два энергетических реактора на быстрых нейтронах (БН-600, БН-800) что заметно облегчает проектировку и усовершенствование РУ с данным типом теплоносителя.

К настоящему моменту в мире не создано ни одного исследовательского реактора на быстрых нейтронах, в качестве теплоносителя которого выступает вода. Все проекты, а значит и технологии, существуют лишь на бумаге и находятся на стадии расчета. Однако в мире накоплен масштабный опыт по эксплуатации водоводяных кипящих реакторов, который может пригодиться при строительстве данного типа реакторов. Следовательно, нельзя говорить об отсутствии технологической базы для создания данного типа реактора.

Для проведения сравнительного анализа заполним таблицу, в которой каждому критерию и теплоносителю будет соответствовать оценка от 1 до 10, где 10 наиболее удовлетворяющая требованиям, 1 наименее удовлетворяющая требованиям.

Таблица 1. Сравнительный анализ теплоносителей быстрых реакторов

	Безопасность	Экономика	Свойства	Технологии	Сумма
Натрий	9	4	8	9	30
Вода	7	9	7	3	26

Проводя анализ таблицы 1, можно сказать, что в настоящий момент разумно строить только быстрые реакторы с натриевым теплоносителем, так как технология строительства и поведение натрия известны. При накоплении технологических знаний суммарный проигрыш быстрых реакторов на воде исчезнет, и общий итог изменится в пользу данного типа реакторов. Следовательно, необходимо проводить исследования в этой области науки и за 10–15 лет создать легководный реактор с повышенными характеристиками воспроизводства и упрощенной тепловой схемой на базе отработанных технологий и материалов. По существу, речь идет об одноконтурном водоохлаждаемом быстрым реакторе (БР) при условии, что стоимость вырабатываемой на нем электроэнергии должна быть такой же, как на кипящем тепловом реакторе одинаковой с ним мощности.

Проблема данной темы заключается в том, что легководный тип реактора не вписывается в программу развития атомной отрасли РФ, а значит, практически никто не занимается изучением данной тематики, что существенно откладывает появление таких реакторов на рынке энергетики, как России, так и всего мира.

### Список литературы

1. Зацепина Г.Н. Свойства и структура воды / Г.Н. Зацепина. – Москва : МГУ, 1974.
2. Вукалович М.П. Термодинамические свойства воды и водяного пара. – 2014.
3. Натрий и калий / Алабышев А.Ф. и др. – Ленинград : ТНТИ. – 1959.
4. Комиссаров О.В. Концепция кипящего одноконтурного реактора средней мощности с тесной решеткой твэлов / О.В. Комиссаров, В.А. Пивоваров //Препринт ФЭИ-3053, Обнинск. – 2005.

## МОБИЛЬНАЯ МАЛОГАБАРИТНАЯ СТАНЦИЯ ОЧИСТКИ ВОДЫ

Н.Е. Патрушева

rojdestvoo@yandex.ru

*Научный руководитель: Лукашевич О.Д., профессор, д.т.н. ТГАСУ*

Проблема обеспечения сельского населения азиатской части России питьевой водой нормативного качества является одной из наиболее важных, несмотря на высокую водообеспеченность этой территории [1]. Для обеспечения граждан питьевой водой используются как открытые, так и подземные источники, часто без предварительной водоподготовки [2]. Особенностью водопотребления Томской области является приоритетное использование для питьевого водоснабжения подземных вод, поскольку поверхностные воды региона испытывают значительную антропогенную нагрузку. Повсеместно в подземных водах региона наблюдается избыточное содержание железа и марганца, часто – аммонийного азота, реже – фтора и кремния [3]. В статье предложен один из вариантов комплексного решения проблемы обеспечения населения качественной питьевой водой посредством использования мобильных малогабаритных станций очистки (обезжелезивания) природной воды безотходной технологии.

В большинстве удаленных от райцентров населенных пунктах, вахтовых поселках, временных лагерях при возникновении ЧС строительство современных водозаборных и очистных сооружений, прокладки водопровода не возможно по экономическим соображениям в связи с отсутствием должного финансирования. Доставка бутилированной питьевой воды не решает проблемы ввиду низкой покупательной способности граждан и плохо развитой дорожной сети. Поэтому, в небольших населенных пунктах имеет место наибольшая потребность в надежных, несложных методах водоподготовки на водозаборах с небольшой мощностью.

Опыт внедрения малогабаритных станций очистки воды показывает их высокую эффективность. Модульное решение станций позволяет при необходимости дополнять технологическую схему новыми блоками (при высоком содержании сероводорода и метана дополнять блоком дегазации, или устанавливать озонаторы для очистки воды от кремний- и фосфор-содержащих веществ и органико-минеральных комплексов). Основными трудностями эффективной очистки воды являются низкая температура (ниже 4°C) исходной воды, перебои энергоснабжения.

С участием автора разработаны водоочистные станции преимущественно для подземной воды, обеспечивающие показатели качества воды на выходе, полностью соответствующие санитарно-техническим нормативам СанПиН 2.1.4.1074-01 [4]. Достоинство разработанных станций заключается в отсутствии обработки воды реагентами и безотходность технологии.

Мобильная малогабаритная станция очистки воды [5] состоит из водоочистной установки, смонтированной в утепленном контейнере, оснащенного системами вентиляции, отопления, освещения и пожарной сигнализацией (рис. 1).

Очистка воды осуществляется по следующей технологии. Исходная вода, проходя через сетчатый фильтр, освобождается от механических частиц и поступает в электрохимический коагулятор. В электрокоагуляторе происходит разрушение органических загрязнителей, препятствующих осаждению железа, благодаря электроимпульсному воздействию. Обработанная вода поступает в камеру окисления, где происходит насыщение воды воздухом в интенсивном режиме. Затем вода попадает в две камеры коагуляции по очереди, где продолжаются и завершаются процессы окисления загрязнителей естественным путем. Вода с выхода второй камеры коагуляции подается сверху на напорный фильтр, где освобождается от загрязняющих веществ и поступает в резервуар чистой воды. Для удаления Промывка фильтра осуществляется в обратном направлении – снизу вверх в импульсном режиме, используя воду из резервуара чистой воды. Грязная промывная вода направляется на дальнейшую обработку. Достоинством станции является возможность сбора, обезвоживания и переработки железосодержащего осадка, выделенного из промывных вод. После отстаивания в течение определенного времени верхний осветленный слой (около 95 %) подается порциями одновременно с поступлением исходной воды на сетчатый фильтр при помощи насоса. Нижний неосветленный слой взмучивается насосом-гидромешалкой и подается в технологическую емкость для жидких отходов на дальнейшую переработку для получения строительных материалов. Из него можно получать добавку в сырье для композиционных силикатных материалов, железоксидные пигменты. Установка предусматривает обработку воды озоном для того, чтобы вода при хранении в накопителе сохраняла высокое качество. Для этого служат озонатор, фильтр очистки воздуха и кавитатор. Кави-

татор и эжектор, находящиеся в верхней части накопителя чистой воды, при помощи насоса обеспечивают циркулирование и распыление воды до насыщения ее кислородом и озоном. После контакта с водой остаточная озono-воздушная смесь из камеры поступает в блок разложения остаточного озона для предотвращения выделения озона в окружающую среду.



Рисунок 1. Общий вид станции в контейнере (а) и компоновка узлов (б) мобильной малогабаритной станции очистки воды по патенту [5]

Для слива воды из всех емкостей устанавливаются сливные вентили, а в полу контейнера имеются отверстия. Необходимость в этом возникает при транспортировке или остановке работы станции.

Водозаборный кран для подачи воды потребителям монтируется снаружи контейнера. Водочистная станция наряду с мобильностью обеспечивает эффективную очистку и дезинфекцию воды в автономном режиме. Обеспечение станции микроконтроллером позволяет сделать работу автоматизированной.

Благодаря использованию современного оборудования для аэрации и озонирования, применению оригинальных экономичных и эффективных насосов и обратных клапанов, независимости от приобретения сменных картриджей и реагентов, возможности комбинирования модулей в зависимости от качества исходной воды, использованию экологически чистых материалов (высококачественной нержавеющей стали для пищевой промышленности, а не недолговечных хрупких пластмасс, обладающих канцерогенным действием) станции прошли успешные испытания в производственных условиях и эксплуатируются (более 10 станций) в вахтовых поселках Томской области и ХМАО. Отличительными особенностями станций являются избирательное удаление из воды загрязнителей, при котором все полезные для организма человека микроэлементы остаются в воде.

#### Список литературы

1. Гидрогеология СССР. Т. XVI, Западно-Сибирская равнина. – М.: Недра, 1970. – 376 с.
2. Янкович Е.П., Осипова Н.А., Льготин В.А., Лукашевич О.Д., Янкович К.С. Химический состав подземных вод как фактор риска для здоровья населения (на примере Томского района Томской области) // Современные проблемы науки и образования, № 3, с. 786–794, (2014).
3. О.Д. Лукашевич Совершенствование хозяйственно-питьевого водопользования для повышения уровня его экологической безопасности (на примере Западной Сибири). – Томск: Изд-во Томского арх.-строит. ун-та, 2006. – 350 с.
4. СанПиН 2.1.4.1074-01. Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения. Контроль качества. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. – Москва : Федеральный центр Госсанэпиднадзора Минздрава России, 2002. – 103 с.
5. Пат. № 142624. Российская федерация, МПК(2006.01)C02F1/463 Мобильная малогабаритная станция очистки воды / Лукашевич О.Д., Патрушев Е.И., Патрушева Н.Е., Филичев С.А. – Приоритет от 04.02.2014; опубл. 27.06.2014, Бюл. № 18.



# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ДОБЫЧИ УРАНА МЕТОДОМ СКВАЖИННОГО ПОДЗЕМНОГО ВЫЩЕЛАЧИВАНИЯ НА ЗАВЕРШАЮЩЕЙ СТАДИИ ДОРАБОТКИ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ БЛОКОВ

А.Э. Шрайнер

Artshrayner@gmail.com

*Носков М.Д., профессор, заместитель руководителя по научной работе и международной деятельности, заведующий кафедрой «физика», доктор физико-математических наук, Северский технологический институт НИЯУ МИФИ, 636036, г. Северск Томской обл., пр.Коммунистический, 65*

В настоящее время СПВ является одним из самых перспективных способов разработки месторождений. При данном процессе происходит воздействие на залежь различными закислителями на месте ее залегания с целью дальнейшего перевода полезного компонента в раствор и последующее их извлечение. Для СПВ характерны три стадии: закисление рудной залежи, активное выщелачивание реагентом и доработку эксплуатационного блока. В процессе отработки месторождения остается неизвлеченный целик, который представляет собой часть залежи полезного ископаемого. Поэтому на последней стадии данного процесса важной становится задача интенсификации добычи урана из целиков, образующихся в результате неравномерного движения выщелачивающих растворов в продуктивном горизонте [1-2]. Для этого целесообразно менять режимы работы скважин. Для выбора режимов работы скважин рационально использовать математическое моделирование.

Математическое моделирование позволяет описать процесс скважинного подземного выщелачивания (СПВ) с помощью математических моделей, спрогнозировать показатели отработки различных месторождений, выбрать наиболее рациональную схему вскрытия залежи, повысить эффективность режимов отработки технологических блоков, а также спрогнозировать дальнейшие последствия разработки месторождения позволяет математическое моделирование.

В настоящей работе на основе математического моделирования проведен ряд исследований по повышению эффективности процесса СПВ на завершающей стадии доработки эксплуатационного блока на примере реально существующего блока У-3, расположенного на Усть-Уксянской залежи Далматовского месторождения.

Исследования по оптимизации СПВ проводились с помощью специализированного программного обеспечения «Курс», разработанного в СТИ НИЯУ МИФИ. Рабочее окно представлено на рис. 1.

Работа программы основана на математической модели, описывающей физико-химические процессы, происходящие в продуктивном горизонте при сернокислотном выщелачивании урана: распределение давления, фильтрацию жидкости и связанный с ней массоперенос, гидродинамическую дисперсию, растворение и образование минералов, гомогенные и гетерогенные окислительно-восстановительные и кислотно-основные процессы, комплексообразование и др. Геотехнологические расчеты проводятся с учетом гидрологических и геологических особенностей строения продуктивного горизонта, режимов работы технологических скважин и составов нагнетаемых растворов.

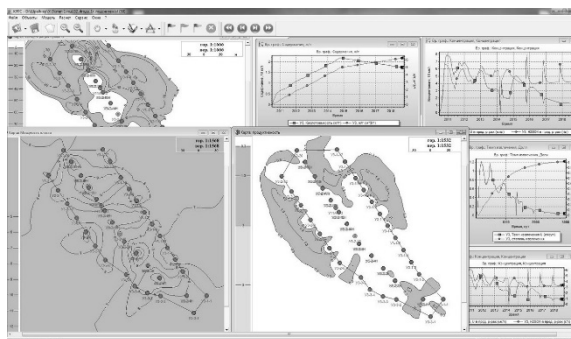


Рисунок 1. Рабочее окно программы «Курс»

Была построена геотехнологическая модель блока У-3. На рисунке 2 приведены сравнения показателей, полученных в результате эпигнозного моделирования, с фактическими данными. Достаточно хорошее совпадение показателей отработки блока показывает адекватность рабочей модели.

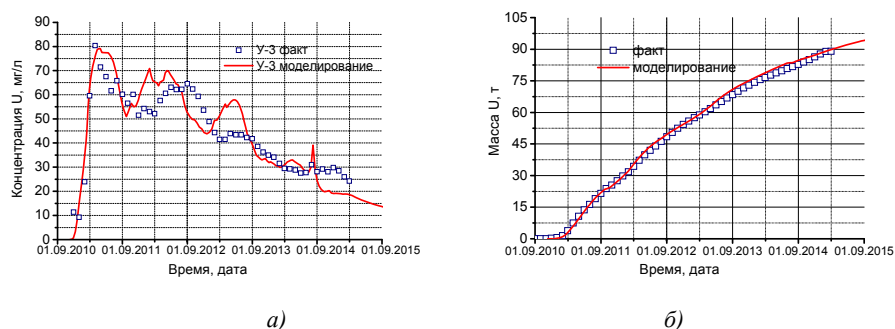


Рисунок 2. Графики зависимости от времени:

а) концентрации урана в продуктивных растворах блока У-3; б) массы извлеченного урана

Проведено прогнозное моделирование, после которого были определены положения целиков и их характеристики (рис. 3, б) показано распределение продуктивности на момент завершения эпигнозного моделирования, где пунктиром обозначены целики, сформировавшиеся вблизи центрального ряда скважин.

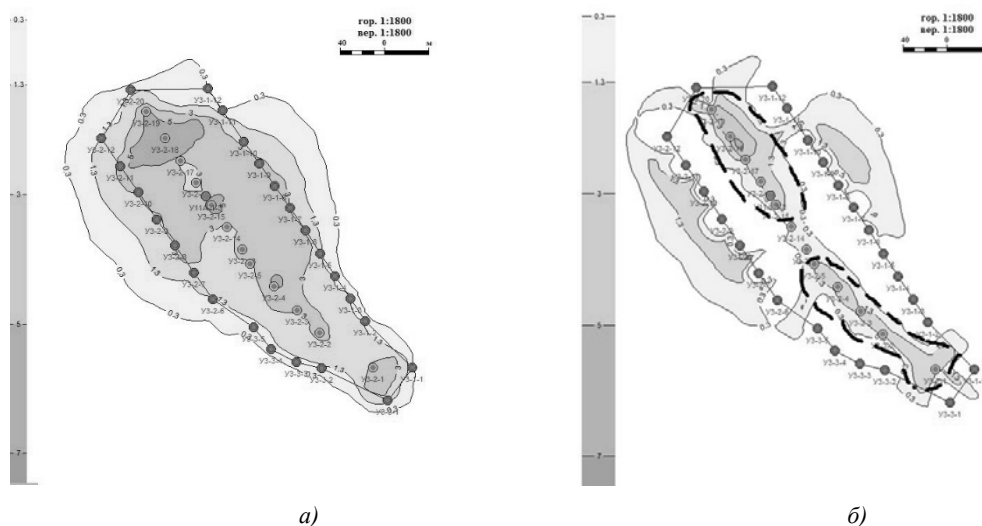


Рисунок 3. Распределение продуктивности: а) исходное распределение; б) распределение на момент завершения эпигнозного моделирования

На основе полученных результатов подготовлены предложения по повышению эффективности добычи урана из целиков. Предложен центральный ряд, состоящий из 11 скважин, работы которых будет вестись в двухцикловом режиме нагнетания / откачивания. Время работы одного цикла составляет один год. Для более эффективной добычи урана из целиков предложение было доработано следующим образом: из эксплуатации были выведены три скважины, на которых содержание урана в продуктивных растворах в процессе отработки блока падало ниже 10 мг/л, что считается неэффективным. На рисунке 4 приведены сравнения геотехнологических показателей при различных вариантах моделирования отработки блока, из которых можно сделать вывод, что предложение по интенсификации добычи урана из целиков центральным рядом с отключением скважин с низким содержанием урана в продуктивных растворах выигрывает по самому высокому содержанию урана и по самому низкому содержанию кислоты. На рисунке 5 изображено распределение продуктивности на конечный момент отработки блока, которое демонстрирует практически полное извлечение урана из целиков, образовавшихся в области центрального ряда скважин.

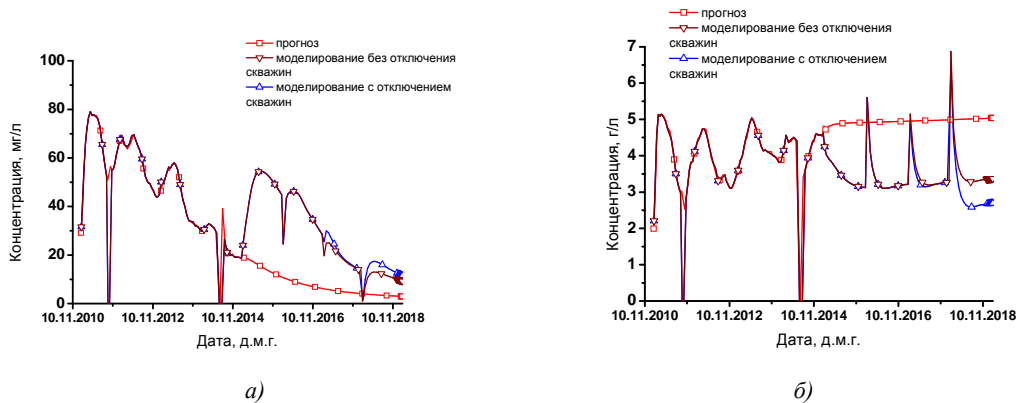


Рисунок 4. Сравнение зависимостей от времени: а) концентраций урана в продуктивных растворах блока; б) концентраций  $H_2SO_4$  в продуктивных растворах блока

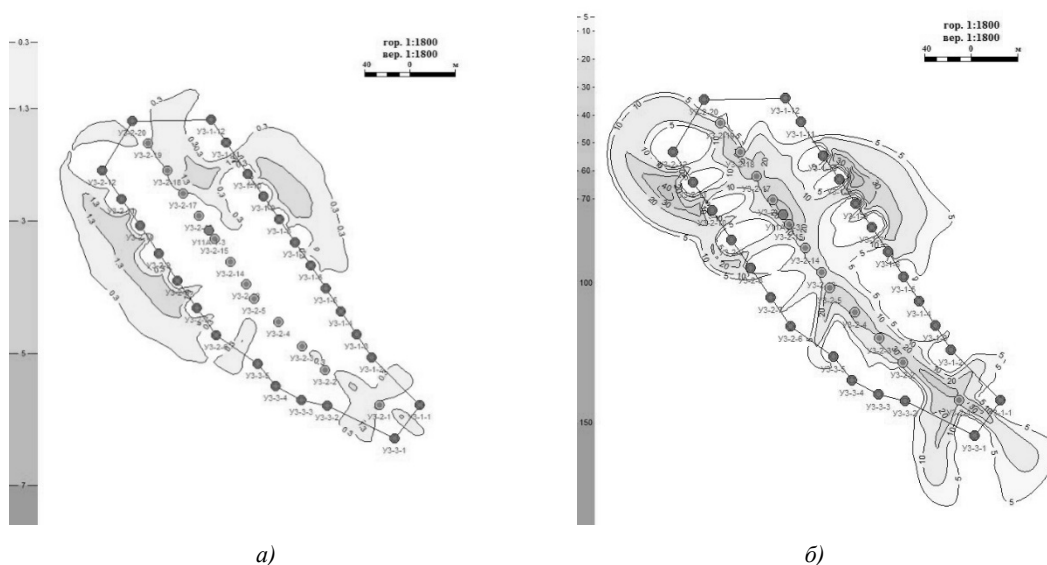


Рисунок 5. Карты распределения на конечный момент отработки блока: а) продуктивности; б) концентрации урана

Таким образом, в данной работе на основе математического моделирования процесса СПВ подготовлены предложения по интенсификации извлечения урана из целиков на примере блока У-3 Усть-Уксянской залежи Далматовского месторождения. Анализ результатов многовариантных вычислительных экспериментов позволяет сделать вывод, что наиболее эффективным с технологической и экономической точек зрения будет предложение по добычи урана центральным рядом скважин из целиков, сформировавшихся вдоль этого ряда, с отключением скважин с низким содержанием урана в продуктивных растворах.

Предложенная схема может быть использована и для других блоков Далматовского месторождения, обрабатываемых по рядной схеме.

### Список литературы

1. Физико-химическая геотехнология / В.Ж. Арнс, О.М. Гридин, Е.В. Крейнин и др. – Москва : Изд-во МГГУ, 2010. – 575 с.
2. Справочник по геотехнологии урана / В.И. Белецкий, Л.К. Богатков, Н.И. Волков и др. – Москва : Энергatomиздат, 1997. – 672 с.

# РАЗРАБОТКА ПЕННОЙ СИСТЕМЫ ДЛЯ БУРЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СКВАЖИН НА ОСНОВЕ БИОРАЗЛАГАЕМЫХ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ

М.А. Сухарев

tris-z@mail.ru

Научные руководители: Минаев К.М., к.х.н., доцент БС ИПР НИ ТПУ;  
Яновский В.А. к.х.н., с.н.с., СФТИ ТГУ

Пены – это ячеисто-пленочные дисперсные системы, образованные множеством пузырьков газа, разделенных тонкими пленками жидкости. Обычно газ рассматривается как дисперсная фаза, а жидкость – как дисперсионная среда. При малой вязкости пены относятся к короткоживущим дисперсным системам. Введение ПАВ в жидкость существенно изменяет свойства газовых дисперсий и жидких пленок: снижается поверхностное натяжение на поверхностях раздела жидкость-газ, облегчается диспергирование газа и уменьшается размер пузырьков, изменяется режим и скорость их всплывания [1]. Одно из основных требований к используемому пенному агенту – сохранение естественной проницаемости коллектора в прискважинной зоне, возможность проводить разработку при низких пластовых давлениях, а также хорошая стабильность и высокая выносящая способность [2].

Цель исследований – разработка импортозамещающих составов пенообразователей, не уступающих по качеству, но обладающих меньшей стоимостью.

В качестве пенообразователя использовали алкилбензолсульфокислоту (АБСК). Концентрация АБСК влияет не только на количество инклюдированного воздуха, но и на дисперсность пены. С увеличением содержания ПАВ снижается поверхностное натяжение и легче зарождаются пузырьки пены [3]. Помимо чистого пенообразователя, был также исследован состав, где в качестве стабилизатора использовали флотореагент марки Т-66, в пропорции 1:1. Для сравнения с данными пенными системами были выбраны следующие промышленные образцы жидких пенообразователей для бурения:

- FoamEX (страна-производитель: Италия).
- GeoFoam-M (страна-производитель: Германия).
- Неопласт арт. 91 (Омск).

Параметрами, определяющими качество и возможность использования пен, являются плотность, кратность, реологические свойства и устойчивость [4]. В данной работе проводились исследования стабильности и кратности пенных систем при различных концентрациях ПАВ.

Для определения устойчивости пены требуемое количество исследуемой смеси пенообразователя добавляли к определенному количеству воды, после чего в мешалке при частоте 10 000 об/мин готовили пену в течении 2 минут [4]. Устойчивость пены измеряли с помощью мерного цилиндра, фиксировали время выделения 25, 50 и 75 % воды.

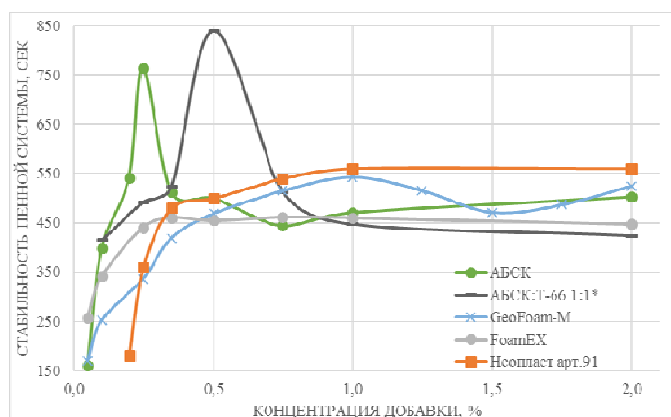


Рисунок 1. График зависимости стабильности пенной системы от концентрации пенообразователя

На основании представленных зависимостей стабильности пенной системы от концентрации пенообразователя (рисунок 1), можно отметить, что наблюдается низкая устойчивость пены при ма-

лых концентрациях пенообразователя и стабилизация пены при больших концентрациях пенообразователя. В отличие от промышленных образцов, составы АБСК и АБСК:Т-66 имеют четкий пик стабильности при определенной концентрации. В перспективе это позволяет продлить время жизни раствора в скважине в зависимости от условий бурения. Исследования показали, что наиболее высокий показатель стабильности достигается при концентрации чистой АБСК 2,5 г на 1 кг воды, при этом применение стабилизатора Т-66 повышает устойчивость пены. Разбавление пенообразователя флотореагентом смещает максимальную точку в сторону увеличения концентрации. При этом можно значительно расширить область концентраций, в которых достигается высокая устойчивость пен, и регулировать ее, добиваясь наилучшего соотношения стоимости и производительности.

Кратность пены определяли с помощью мерного цилиндра. Для этого объем полученной пены относили к объему реагентов, использованных для приготовления раствора. Из результатов представленных на рисунке 2 видно, что в диапазоне концентраций 0,5-1,0 % системы АБСК и АБСК:Т-66 показывают стабильность на уровне, достаточном для эффективной работы бурового раствора на основе пены, и сравнимом с зарубежными аналогами.

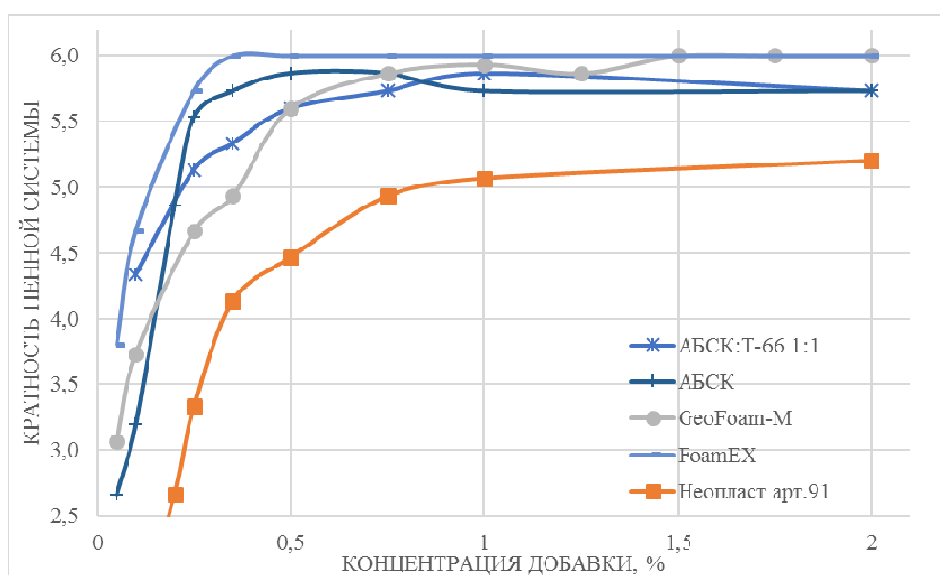


Рисунок 2. График зависимости кратности пенной системы от концентрации пенообразователя

По итогам исследований можно сделать выводы о том, что подобранные составы пенообразователей показывают результаты на одном уровне с промышленными образцами, применяемыми в бурении на данный момент, а по некоторым параметрам превосходят их. Добавив к этому оценку экономической эффективности, получим, что предложенные составы с большим преимуществом опережают промышленные образцы, и целесообразно начать их внедрение в производство. Предприятия – партнеры, сотрудничающие с исследовательской группой, и уже успевшие провести полевые испытания образцов, положительно отзывались об их эффективности при бурении скважин и готовы осуществлять закупку данных буровых реагентов.

### Список литературы

1. Кругляков П.М. Пена и пенные пленки / П.М. Кругляков, Д.Р. Ексерова. – Москва : Химия, 1990. – 432 с.
2. Долгов С.В. Разработка методов проведения ремонтных работ и освоения скважин с использованием пен и газообразных агентов : автореферат. Дис. канд. технических наук. – Ставрополь, 2002. – 242 с.
3. Абдрахманова Л.А. Химическое наполнение карбамидных пенопластов / Л.А. Абдрахманова, Л.Ф. Мубаракшина, В.Г. Хозин. – Казань : КГАСУ, 2009. – 96 с.
4. Рязанов Я.А. Энциклопедия по буровым растворам / Я.А. Рязанов. – Оренбург : Изд-во «Летопись», 2005. – 664 с.

# МОДЕРНИЗАЦИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ УСТАНОВКИ ДЛЯ ОЧИСТКИ УГЛЕВОДОРОДОВ

А.А. Юркин, В.А. Бокор

Yurkin0660@mail.ru

Научный руководитель: Чухарева Н.В., к.х.н., доцент каф. ТХНГ, ТПУ

Современное развитие нефтяной отрасли предполагает наличие ресурсоэффективных технологий, которые базируются на технических, экономических и экологических принципах. Нарушение технологических режимов транспортировки углеводородов может привести к невосполнимым потерям природных ресурсов и нанести существенный экологический ущерб. Поэтому международные экологические стандарты ИСО 14000 предполагают повышенные виды ответственности к предприятиям, допустившим указанные нарушения [1]. Тем не менее, нефтяные компании ежегодно несут серьезные финансовые затраты, связанные с аварийными или чрезвычайными ситуациями при транспорте нефти и нефтепродуктов [2]. В связи с вышеуказанным, возникает необходимость в совершенствовании существующих и разработке новых эффективных и быстрореализуемых технологий локализации и утилизации нефтяных разливов.

Ежегодный объём, поступающих на утилизацию углеводородов с загрязнениями, требует развития высокоэффективных, недорогих и экологически безопасных технологий, которые базируются на различных методах разделения нефтепродуктов и их дальнейшей утилизации.

В настоящее время существуют как зарубежные, так и Российские аналоги по очистке/утилизации нефтезагрязнений или нефтешламов. Проведённый литературный анализ позволил выявить наиболее востребованные технологии, разработанные российскими производителями (ООО ПКФ «Авантаж», ООО «Спецавтоком», ЗАО «РусЭкоПроект») и зарубежными производителями (ООО «Alfa laval», AG «MOG») [3–5].

Как одно из наиболее успешных решений, с точки зрения технической базы и экономической выгоды, была выбрана действующая шведская установка компании «Alfa laval», её основные характеристики представлены в таблице 1. (Все расчёты были выполнены для одного месяца работы при пятидневном графике и обычной рабочей смене (восьмичасовой рабочий день), в расчётах использовались текущие цены на переработку жидкого нефтешлама, который является недорогостоящим для переработки продуктом, с ценой, находящейся в пределах 1250 руб/м<sup>3</sup>)

Таблица 1. Характеристики установки компании «Alfa laval»

Название компании	Мощность	Цена	Производительность	Методы очистки
ООО «Alfa laval»	45 кВт	13 000 000	9 м <sup>3</sup> /ч	Физ-хим-био.
Цена 1 блока	Цена работы (сеть)	Цена работы (поле)	Полная прибыль	Время окупаемости
	36 956		1 800 000	7,2 мес.

Достоинствами шведского проекта являются высокое качество утилизации любых нефтепродуктов, его соответствие всем современным экологическим стандартам, высокая надёжность и гарантированная техническая поддержка от производителя. Тем не менее, имеются недостатки, а именно: невозможность регенерации исходного сырья, что в свою очередь, оправдано высокой производительностью, а также необходимость в расходных материалах (картриджи для фильтров и химические реагенты).

Исходя из достоинств проекта компании «Alfa laval» и учитывая его недостатки, авторами была предпринята попытка сделать новый шаг в моделировании установки, с учётом перечисленных выше достоинств и недостатков с целью создания технологии импортозамещения.

Проведенные расчёты, в которых рассматривались затраты при работе такой установки от различных источников питания, показали, что одним из ключевых способов снижения себестоимости утилизации продукта является возможность ведения работы стационарно, так как обеспечение автономной полевой работы обходится в три-четыре раза дороже в зависимости от условий эксплуатации (таблица 2).

Не менее важной особенностью предлагаемой технологии, является применение физических методов очистки, что позволит, при переработке, приблизиться к требуемому качеству исходного сырья без потери его структуры, в отличие от биологических и химических методов очистки. Поэтому можно говорить о ресурсоэффективности физических методов переработки и возможности

частичной регенерации исходного углеводородного сырья для дальнейшего использования. (например, при производстве дорожных покрытий или строительных материалов и т. д.). Дополнительно, в качестве дальнейшей модернизации установки, разрабатывается технология применения биологических методов утилизации нефтепродуктов на основе торфа [9, 10] с уже культивированными или аборигенными микроорганизмами до парафинов с большой длиной цепи, которые являются экологически безопасными. Применение биологического метода в полевых условиях рассматривается в качестве альтернативы, для случаев, когда отсутствует возможность транспортировки переработанного и очищенного продукта с места разлива [23, 24].

Таблица 2. Характеристики предлагаемого авторами решения

Название компании	Мощность	Цена	Производительность	Методы очистки
Предлагаемое решение	15 кВт	1 745 200	2 м <sup>3</sup> /ч	Физические, биологические
Цена 1 блока	Цена работы (сеть)	Цена работы (поле)	Полная прибыль	Время окупаемости
300 000	12 318	47 232	400 000	4,4 мес.

Авторами рассматривались аборигенные микроорганизмы, применяемые в биопрепарате «МД». Лабораторные исследования показали, что в течение 20 дней происходит полная утилизация всех основных классов органических соединений. В частности, прежде всего происходит окисление алифатических органических соединений с короткой углеродной цепью (нафтеннов, парафинов, изопарафинов, циклоалканов) до ароматических соединений и альдегидов. В дальнейшем идет окисление ароматических и кислород – содержащих соединений по ферментативному механизму. В результате окисления, было отмечено сокращение числа компонентов в исходном нефтепродукте (неффрас) с 96 до 4 [13, 15, 17, 21].

Полученные органические соединения были определены как алканы и эфиры с длиной линейной углеродной цепи более 20 атомов, что подтвердило выдвинутую до начала исследования гипотезу. Органические вещества с длиной углеродной цепи выше 14 атомов, являются твердыми соединениями с низкой реакционной способностью, что в свою очередь означает их полную экологическую безопасность для окружающей среды [11, 13].

Необходимо отметить, что изменение курса России в развитии производства предполагает использование отечественных компонентов (деталей) в проектировании, как наиболее экономически привлекательных. В результате это позволит значительно снизить себестоимость проекта при его сборке, а также цену готового продукта, без существенной потери в качестве. В связи с этим, стоимость установки относительно действующих шведских и британских аналогов будет заметно ниже. Несмотря на достаточно широкие границы применимости установки, всё же действуют некоторые ограничения, связанные с температурным режимом, условиями переработки и эффективностью предлагаемого метода применимо к той или иной ситуации. Так непосредственная переработка на месте аварии с разливом нефти, будет значительно более дешевой, а также может оказаться более эффективной по сравнению с переработкой на стационарном заводе по утилизации, если говорить о небольшом локальном разливе углеводородного сырья.

Авторами были проведены технико-экономические расчеты для краткосрочной (3 года) и долгосрочной (10 лет) перспектив использования предлагаемого решения и его шведского аналога при условии использования только физических методов переработки. Себестоимость одного м<sup>3</sup> продукта составляла 500 руб. Из всех возможных расходов учитывалась только энергия, необходимая для работы от сети. По сравнению со шведской установкой компании «Alfa laval», предлагаемое авторами решение выигрывает в краткосрочной перспективе (2-3 года), так как прибыль от использования значительно превышает расходы. В долгосрочной перспективе (10 лет и более) разрыв между прибылью от установок не существенен (таблица 3).

Таким образом, подводя итог, следует отметить, во-первых, что предлагаемое нами решение обладает низкой стоимостью, относительно европейских аналогов. Во-вторых, благодаря мобильности и малому числу необходимого обслуживающего персонала на одну установку (до трёх человек, включая оператора) становится возможным ликвидировать последствия разлива на месте методами *in situ*, что позволяет значительно снизить затраты, относительно применяющихся методов *ex situ*. В-третьих, дальнейшая разработка и постановка серийного производства, при необходимом финансировании, позволит дать квалифицированным специалистам новые рабочие места, а также решить проблему небольших локальных разливов, находящихся далеко от крупных нефтеперерабатывающих предприятий. И наконец, в-четвёртых, производительность установки достаточна для того, чтобы полностью утилизировать отходы небольшого нефтеперерабатывающего предприятия. А значит,

компаниям не нужно искать место для захоронения отходов и платить штрафы в случае нарушения целостности контейнера с захороненными нефтепродуктами.

Таблица 3. Сравнение размеров прибыли и объемов работы в краткосрочной и долгосрочной перспективе

Параметры	Alfa laval (1 установка)	ОАО «Мы» (4 установки)
Производительность установок (м <sup>3</sup> /ч)	9	8
Расходы (установка и энергия, 3 года)	14 244 160 руб.	6 595 520 руб.
Полная прибыль (3 года)	25 920 000 руб.	23 040 000 руб.
Объём переработанного (3 года)	51 840 м <sup>3</sup>	46 080 м <sup>3</sup>
Расходы (установка и энергия, 10 лет)	17 147 200 руб.	7 563 200 руб.
Полная прибыль (10 лет)	86 400 000 руб.	76 800 000 руб.
Объём переработанного (10 лет)	172 800 м <sup>3</sup>	153 600 м <sup>3</sup>

### Список литературы

1. Сайт РБК. [Электронный ресурс]: РосБизнесКансалдинг / Электрон. журн. М., 2000. URL:[http://t.rbc.ru/tyumen\\_freeneews/19/11/2014/956527.shtml](http://t.rbc.ru/tyumen_freeneews/19/11/2014/956527.shtml) (дата обращения 27.01.15).
2. Независимая газета. [Электронный ресурс]: Электрон. журн. М., 2000. – URL: [http://www.ng.ru/ng\\_energiya/2014-12-09/11\\_vred.html](http://www.ng.ru/ng_energiya/2014-12-09/11_vred.html) (дата обращения 27.01.15).
3. Установка Storm-15. [Электронный ресурс]: Сайт компании «Man oil group». – URL: <http://www.manoilgroup.com/media/storm-15-ru.pdf> (дата обращения 17.09.14).
4. Пат. 94012433 Российская Федерация, МПК Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Способ переработки нефтяных шламов и обезвреживания грунтов / Зоркин В.А., Бушуева Н.Н., Побединский Н.А, Безнососов В.Н., Чевардова Н.П., Айсин Е.Х., Моисеев П.А., Чалченко В.П.; заявитель и патентообладатель Зоркин В.А., Бушуева Н.Н., Побединский Н.А, Безнососов В.Н., Чевардова Н.П., Айсин Е.Х., Моисеев П.А., Чалченко В.П. – № 94012433/26; заявл. 08.04.94; опубл. 20.08.96, Бюл. № 36 (II ч.). – 3 с.
5. Пат. 2434051 Российская Федерация, МПК Н 04 В 1/38, Н 04 J 13/00. Передвижная модульная установка для утилизации нефтешламов и отходов производства нефти и газа / Ильин Р.Ю., Лукьянов А.С., Серегин С.Н., Захарьев Г.Г., Магзанов С.И. Сидоренко В.Н.; заявитель и патентообладатель Закрытое акционерное общество Русэкопроект - № 2000131736/09; заявл. 11.06.10; опубл. 20.11.11, Бюл. № 32 (II ч.). – 3 с.
6. Плешакова Е.В. Автореферат Эколого-функциональные аспекты микробной ремедиации нефтезагрязненных почв, доктор биол. наук. – Саратов, 2010. – 47 с.
7. Советский энциклопедический словарь / под ред. А.М. Прохоров. – М.: Советская Энциклопедия, 1981. – 1600 с.
8. Ахметов С.А., Ишмияров М.Х., Кауфман А.А. Технология переработки нефти, газа и твердых горючих ископаемых. – Санкт-Петербург: Недра, 2009. – 827 с.
9. Каминский Э.Ф., Хавкин В.А. Глубокая переработка нефти: технологический и экологический аспекты. – М.: Техника, 2001. – 383 с.
10. Чухарева, Наталья Вячеславовна. Влияние температуры и среды нагрева торфа на свойства гуминовых кислот [Электронный ресурс] / Н. В. Чухарева, Л. И. Тарновская, С. Г. Маслов // Новые достижения в химии и химической технологии растительного сырья : материалы Всероссийского семинара 28-29 марта 2002 г., г. Барнаул. – Барнаул: Изд-во АлтГУ, 2002. – [С. 191-194].
11. Глазковская М.А. Восстановление нефтезагрязнённых почвенных экосистем. – М: Наука, 1988. – 264 с.
12. Гриценко А.И. Экология. Нефть и газ. - М.: Наука, 1997. - 598 с.
13. Петров А. А. Углеводороды нефти. - М.: Наука, 1984. - 263 с.
14. Шилина А.И. Моделирование физико-химического превращения бенз(а)пирена в аэрозольной фазе // Миграция загрязняющих веществ в почвах и сопредельных средах. – 1985. – № 5. – С. 128–142.
15. Панов Г. Е. Охрана окружающей среды на предприятиях нефтяной и газовой промышленности. – М.: Недра, 1986. – 244 с.



16. Нечаева И.А. Автореферат Биодegradация углеводородов нефти психротрофными микроорганизмами-деструкторами, канд. биол. наук. – Пушкино, 2009. – 175 с.
17. Саксонов М.А. Экологический мониторинг нефтегазовой отрасли. - Иркутск: Иркут. Ун-т, 2005. – 114 с.
18. Пиковский Ю.И. Проблема диагностики и нормирования загрязнения почв нефтью и нефтепродуктами // Почвоведение. – 2003. – № 9. – С. 1132–1140.
19. Митчелл Дж. Акватметрия. – М.: Химия, 1980. – С. 600.
20. Проскуряков В.А. Химия нефти и газа. – СПб.: Химия, 1995. – С. 448.
21. Мухина Е. А. Физико-химические методы анализа. – М.: Химия, 1995. – 415 с.
22. Орлов Д.С., Васильевская В.Д. Почвенно-экологический мониторинг и охрана почв. – М.: Моск. Ун-т, 1994. – 272 с.
23. Реймерс Н.Ф. Природопользование. – М.: Мысль, 1990. – 637 с.
24. Шамаева А.А. Автореферат Исследование процессов биоремедиации почв и объектов, загрязненных нефтяными углеводородами, канд. биол. наук. – Уфа, 2007. – 23 с.
25. Берне Ф.Ж. Водочистка. – М.: Химия, 1997. – 288 с.

# ЭЛЕКТРОННЫЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ НАБОР «ЭОН»

А.А. Глебов, С.К. Семенов

anton.g.a.akve@gmail.com

Научный руководитель: Лобода Ю.О., к.п.н., доцент каф. КИБЭВС, ТУСУР

## Актуальность и новизна проекта

На данный момент существует много различных конструкторов, позволяющих создать собственного робота, однако все они имеют достаточно высокую стоимость. Так же у этих наборов есть существенный недостаток: если произойдет поломка какой-либо детали, то восстановить ее будет очень сложно.

Наш набор сделан из доступных материалов, таких как: дерево (фанера толщиной 5мм) и ударопрочный пластик. Так же используются доступные электронные компоненты. Управляющим устройством является микроконтроллер семейства Arduino. Отличительные особенности нашего набора: модульность деталей, возможность восстановления и замены деталей, низкая стоимость, доступность, возможность создания подобного набора на базе образовательных учреждений.

Цель: создание доступного электронного образовательного набора.

Задачи:

- Изучить существующие аналоги.
- Разработать трехмерные модели деталей будущего набора.
- Дополнить набор деталями, напечатанными на 3D-принтере, стандартными металлическими крепежными материалами, а также подобрать электронную элементную базу.
- Продумать базовые модели, собираемые из этого набора.

## Методы, использованные авторами

Изучив основные особенности и недостатки популярных наборов (LEGO MINDSTORM, Bioloid/Технолаб), мы выбрали материал изготовления нашего будущего набора. Также мы создали эскиз базовой конструкции, чтобы понять какие детали необходимы в наборе. Проанализировали оптимальное число деталей, создали трехмерные модели деталей конструктора, чтобы потом изготовить их на фрезерном станке с ЧПУ (числовым программным управлением), полученные деревянные детали покрыли лаком. Так же напечатали необходимые пластиковые детали на 3D-принтере, выбрали металлические крепежные материалы. Добавили в набор микроконтроллер.

После того, как мы собрали готовый комплект деталей, мы рассматривали различные варианты моделей, доступные для сборки на основе базового набора, чтобы продемонстрировать их на выставке. Была собрана модель робота, объезжающего препятствия.

Оборудование, использованное в работе: фрезерный станок с ЧПУ, 3D-принтер, компьютер.

## Анализ существующих конструкторов

Мы решили проанализировать четыре самых популярных и широко используемых наборов, а также наш набор. Провели сравнение по следующим критериям:

- Заменяемость элементов.
- Вариативность моделей.
- Внешний вид.
- Цена (низкая).
- Возможность программирования на языках высокого уровня.

Результаты сравнения мы представили в виде таблицы:

Таблица 1. Результаты сравнения

	LEGO	Bioloid/ Технолаб	ScratchDuino	Huna	ЭОН
Заменяемость элементов	-	-	+	-	+
Вариативность моделей	+	+	-	+	+
Внешний вид	+	+	+	-	-
Цена	-	-	-	+	+
Возможность программирования на языках высокого уровня	+	+	+	-	+

## **Строение базовой модели эон**

### ***Ардуино***

Arduino – торговая марка аппаратно-программных средств для построения простых систем автоматизации и робототехники, ориентированная на непрофессиональных пользователей. Программная часть состоит из бесплатной программной оболочки (IDE) для написания программ, их компиляции и программирования аппаратуры. Аппаратная часть представляет собой набор смонтированных печатных плат, продающихся как официальным производителем, так и сторонними производителями.[1]

Arduino может использоваться как для создания автономных объектов автоматизации, так и подключаться к программному обеспечению на компьютере через стандартные проводные и беспроводные интерфейсы.

### ***Детали корпуса***

Детали корпуса были вырезаны на фрезерном станке из фанерных листов. Для скрепления деталей корпуса использовались болты и гайки.

### ***Сборка***

За основу корпуса были взяты детали ЭОНа. Затем к нему были добавлены электронные компоненты – микроконтроллер Ардуино Уно, драйвер двигателей L298, ультразвуковой датчик, два двигателя, монтажная плата, блок питания и выключатель. Драйвер подключен к моторам, к микроконтроллеру и к блоку питания. Питание от драйвера идет на микроконтроллер.

### ***Программирование базовой модели ЭОН***

Для демонстрации возможностей ЭОНа, была создана мобильная модель робота. Было необходимо, чтобы робот при обнаружении препятствия на расстоянии менее 30 см поворачивал в правую сторону.

Для выполнения задания было необходимо создать программу с проверкой расстояния ультразвуковым датчиком и согласовать работу двигателей с датчиком.

Вначале вводятся переменные для работы с портами драйвера, затем объявляется переменная для ультразвукового датчика и функция для его работы: в первую очередь активируется сам датчик, затем подается звуковой импульс. На основе полученного времени считывание величины импульса. Полученная переменная переводится в сантиметры. В конце функция возвращает расстояние.

Далее инициализируются входы и выходы устройства, а также задается низкое напряжение на 12 порте и задается обратная связь.

После запуска включается функция ультразвукового датчика. После считывания расстояния, начинается часть программы, связанная с работой электродвигателей. Порты, обозначенные `ina` и `inb` регулируют тягу. Для создания эффекта постоянной тяги было принято решение переключать двигатели с высокой частотой. Если расстояние больше 30 сантиметров, то робот движется прямо. Если на расстоянии меньше 30 сантиметров возникает препятствие, то робот поворачивает направо с помощью отключения правого двигателя.

Вначале указывается скорость двигателей, затем на основе полученного расстояния проверяется условие поворота. Далее на двигатели устанавливается скорость и задается частота переключения двигателей. Если условие неверно, т.е. расстояние меньше 30 сантиметров, то правый двигатель отключается.

В ходе работы возникали неполадки, связанные с некорректной работой двигателей и их взаимодействием с ультразвуковым датчиком. Для решения этих проблем неоднократно модифицировался программный код робота, а также менялись рабочие порты драйверов и ходовая часть.

### ***Заключение и возможные пути развития***

В первую очередь, электронный образовательный набор предназначен для обучения детей. Его главное преимущество в том, что подобный набор можно изготовить и собрать самостоятельно на базе образовательных учреждений для каждого ученика. Также при разработке трёхмерных моделей для базовых или дополнительных деталей конструктора были предусмотрены возможности их изготовления из разных материалов в зависимости от типа робота (наземный, воздушный). ЭОН прост в освоении и у него достаточно дешёвые комплектующие. Замена деталей не требует усилий, что позволяет собрать робота из имеющихся деталей менее чем за 2 часа.

В настоящее время ведётся так же разработка методического пособия по данному набору, позволяющее обучаться самостоятельно. Так же, планируется перейти с использования платы Arduino на собственную, которая позволит упростить обучение и сделать его максимально комфортным. Кроме того, простота создания компонентов «ЭОН» предоставляет широкий простор для создания дополнительных ресурсных наборов, которые будут позволять собирать более сложные модели роботов.

Участники проекта убеждены, электронный образовательный набор ЭОН, в силу своей

экономичности и практичности, поможет учебным заведениям в качественном проведении занятий по курсу робототехники, который может появиться во всех российских школах в 2016-м году по предложению министра образования Дмитрия Ливанова [2].

#### **Список литературы**

1. Arduino – Википедия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Arduino> (дата обращения: 5.03.2016).
2. Риановости. «Ливанов: в российских школах начнут преподавать робототехнику». [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ria.ru/society/20141121/1034450220.html> (дата обращения: 6.03.2016).

# АВТОНОМНЫЙ САМООБУЧАЮЩИЙСЯ РОБОТ-СПАСАТЕЛЬ И РАЗВЕДЧИК АНДРОМЕДА

И.В. Васильев, Д.А. Мяхор, М.Н.Рудь

v1nmt@mail.ru

*Научный руководитель: магистр Скуденков А.В, место работы – ЦМИТ «Солнечный»*

**Цель научной разработки.** Основная цель научной разработки – создание первого российского шагающего робота-гексапода, выполняющего функции спасателя и разведчика.

**Целевая аудитория проекта.** Целевой аудиторией данного проекта являются- подразделения МЧС, частные спасательные формирования и добровольные спасатели, а также структуры военно-промышленного комплекса. Для внедрения проекта в практическую деятельность была проведена встреча с руководством Министерства Чрезвычайных Ситуаций г. Томска. Данная структура оказалась заинтересована в сотрудничестве и ждёт презентацию робота. Кроме того, на базе Андромеды планируется создание конструкторов и наборов DIY. Таким образом, затрагивается ещё одна фундаментальная область - образование. На данный момент в Центре Молодёжного Инновационного Творчества «Дружба» организованы курсы, где разрабатываемый робот используется в качестве наглядного научного пособия.

**Актуальность разработки.** Современным перспективным направлением робототехники является создание мобильных роботов, автономно перемещающихся относительно длительное время по пересеченной местности. Создание таких роботов позволит сравнительно дешево и без опасности для здоровья людей решать комплекс задач, связанных с защитой и охраной окружающей среды, разведкой местности в интересах различных организаций. Основные трудности при этом состоят в создании алгоритмического обеспечения, позволяющего автоматически управлять движением роботов.

Указанные факторы обуславливают неослабевающий интерес к решению проблем синтеза алгоритмов работы систем автоматического управления движением таких роботов.

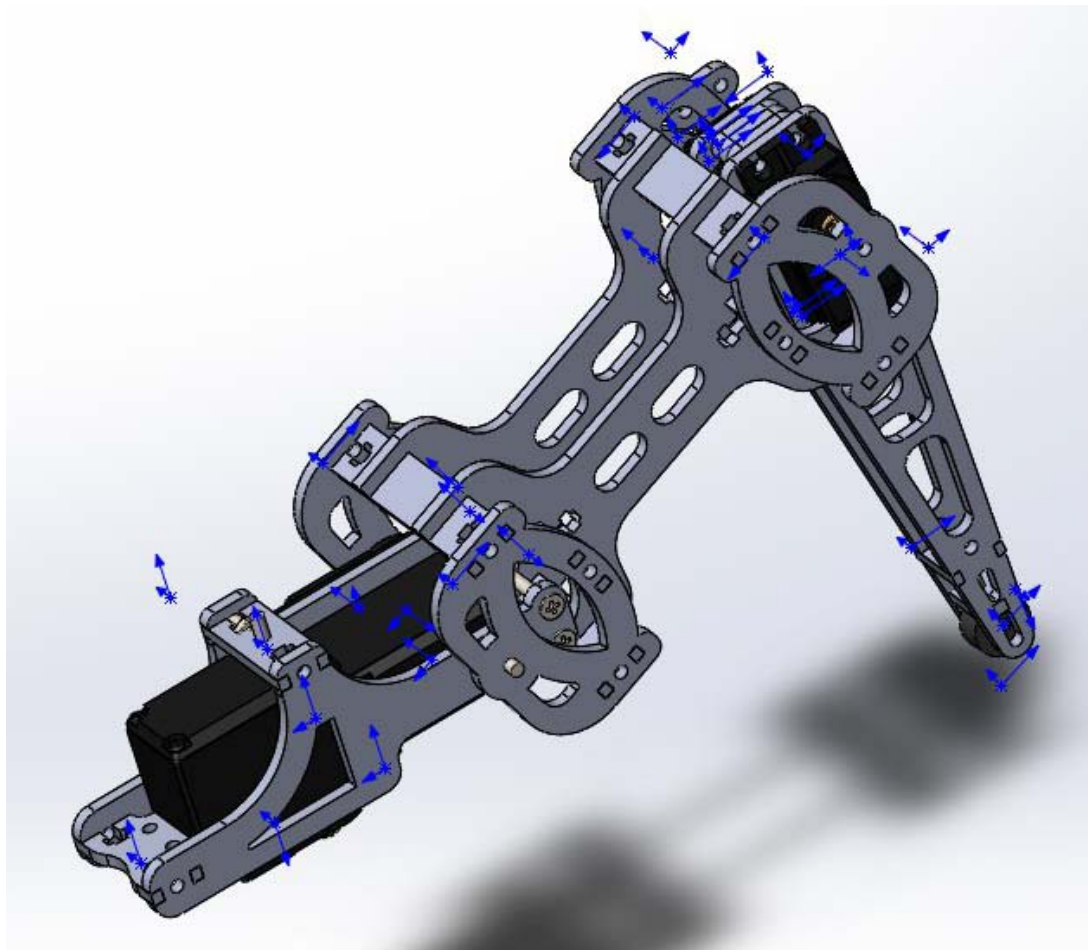


*Рисунок 1 Внешний вид робота «Андромеда»*

**Научная новизна.** Разрабатываемая система управления позволит роботу получить способность ходить и сохранять стабильность передвижения на большом многообразии ландшафтов. Мы предлагаем использование особой модели обучения с подкреплением, называемой глубоким Q-обучением, для формирования управляющих сигналов на сервоприводы робота, используя лишь визуальную информацию с видеокamеры, оснащенной сенсором глубины, а также информацию о текущих углах поворотов сервоприводов. Глубокое Q-обучение предполагает аппроксимацию функции полезности предпринимаемых действий с помощью каскада нескольких глубоких нейрон-

ных сетей, которые позволяют представлять информацию высокой размерности и низкого уровня (отдельные точки видеоизображения) в виде иерархии высокоуровневых признаков.

**Отличительные черты и преимущества по сравнению с существующими аналогами.** Андромеда – автономный шагающий робот, использующий алгоритм оптимизации модели движения на неровных участках местности. Передвижение Андромеды осуществляется на 6-ти конечностях с 3-мя степенями свободы.



*Рисунок 2 Конечность робота в среде 3D проектирования SolidWorks*

Сбор необходимых для работы алгоритма данных выполняет бесконтактный контроллер Kinect, включающий в себя два сенсора глубины, цветную видеокамеру и микрофонную решетку. За обработку поступающей графической информации отвечает высокопроизводительный одноплатный микрокомпьютер NVIDIA Jetson TK1.



*Рисунок 3. Внешний вид NVIDIA Jetson TK1*

Проект уникален тем, что для обработки больших массивов графической информации используется не обычный CPU, а графический процессор (GPU) с программно-аппаратной технологией параллельных вычислений CUDA. Это даёт существенный прирост производительности в подобного рода задачах. Кроме того, шагающая платформа имеет конкурентное преимущество в проходимости по сравнению с колёсной. Проект ориентирован на российский рынок и не имеет аналогов по конструктивному исполнению и способам обработки графической информации. Ближайший конкурент, выполняющий схожие функции, – антропоморфный робот телеприсутствия, разрабатываемый МЧС России.

Разработанное базовое программное обеспечение состоит из модуля управления и модуля зрения. Модуль управления обеспечивает прием информации с датчиков робота, а также позволяет оператору управлять роботом с клавиатуры. Модуль зрения обеспечивает взаимодействие с сенсором Kinect, позволяет роботу в реальном времени распознавать человеческие лица, объекты по текстуре и форме, а также распознавать более 1000 классов объектов с использованием нейронной сети, обученной на большой выборке данных.

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ НАУШНИКОВ

А.А. Аржаник, А.А. Шевченко

arzh\_sasha@mail.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., ассистент кафедры ОСУ, ИК*

В настоящее время практически в любом месте можно встретить человека, слушающего музыку в наушниках. И большинство сталкивается с проблемой спутывания наушников. По результатам опроса, 2/3 людей сталкиваются с данной проблемой. Наш проект направлен на её решение.

На данный момент наша команда в составе Аржаник Александры и Шевченко Анны занимается созданием прототипа недорогого компактного устройства – рулетки для автоматического сворачивания проводов от наушников. Проект направлен на всех людей, их использующих.

Целью проекта является создание прототипа недорогого компактного устройства – рулетки для автоматического сворачивания проводов от наушников к 30 мая 2016 года. К этому сроку планируется создать прототип, провести его тестирование, доработку.

Данное устройство будет работать по принципу рулетки: при нажатии кнопки наушники будут втягиваться внутрь и закручиваться там, не спутываясь. Будут рассмотрены различные варианты механизмов и подобран наиболее подходящий для проводов. Также устройство будет универсальным, то есть подходящим для проводов разной длины и ширины.

Аналогов предлагаемого устройства в настоящее время нет, так как имеющийся (компания Sony) был исключен из производства ввиду высокой стоимости (около 1600 рублей) и не универсальности (наушники были встроены в устройство, не было возможности менять их).

Пока что прототип планируется изготавливать из подручных средств, поэтому на данном этапе не требуется дополнительное финансирование.

В результате реализации проекта мы получим прототип устройства для автоматического сворачивания наушников, который решит проблему их спутывания.

У проекта имеются следующие риски: наушники могут застревать, устройство может получиться недостаточно привлекательного вида или низкой прочности. При разработке мы будем стремиться устранить возможные риски (Приложение 1).

Партнерами проекта на данной стадии являются Отдел Элитного Образования ТПУ, ТОДОО «Хобби-центр».

Для реализации проекта нам необходимо:

- Подобрать оптимальный вариант механизма.
- Вычислить необходимые параметры и размеры устройства для его эффективной работы.
- Составить схему устройства.
- Собрать устройство.
- Проверить работоспособность устройства.

Рабочий план реализации представлен в Приложении 2.

В результате реализации проекта мы получим прототип устройства для автоматического сворачивания наушников.

Если данное устройство войдет в массовое производство, то у каждого человека, который приобретет его, решится проблема с запутыванием наушников.

## Список литературы

1. 10 правил подготовки модели к 3D печати. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://habrahabr.ru/post/196182/> (дата обращения: 10.04.2016).
2. Уроки по 3D печати. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://can-touch.ru/3d-tutorials/> (дата обращения: 10.04.2016).
3. Устройство для убирания внутрь электрического шнура пылесоса. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.findpatent.ru/patent/220/2200452.html> (дата обращения: 01.04.2016).
4. Ремонт рулетки-поводка. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://tatt00ist.livejournal.com/108844.html> (дата обращения: 28.03.2016).



# РАЗРАБОТКА ИЗМЕРИТЕЛЯ ИОНИЗИРОВАННОГО ИЗЛУЧЕНИЯ

Н.Н. Беликова

Areal9977@gmail.com

Научные руководители: Науменко А.Д., ОГБПОУ «ТЭПК»; Захарова Т.П., ОГБПОУ «ТЭПК»

Измеритель ионизированного излучения – неотъемлемая часть каждого радиометрического дозиметрического устройства.

Измеритель ионизированного излучения, представленный в данной работе, предназначен для измерения радиоактивного излучения Альфа, Бета и Гамма лучей до 500 мили Рентген в час. Ввиду того, что почва и природные ресурсы загрязнены радиоактивными отходами - применение его в быту также актуально.

Дешевизна комплектующих и технология его изготовления проста, что позволяет повторить его в домашних условиях. Большой спрос на подобные приборы позволяет создать крупносерийное производство. Этот прибор может пригодиться людям, которые собирают ягоды, грибы и тем, кто выращивает что-либо в садах.

Электрическая принципиальная схема измерителя ионизированного излучения представлена на рис. 1.

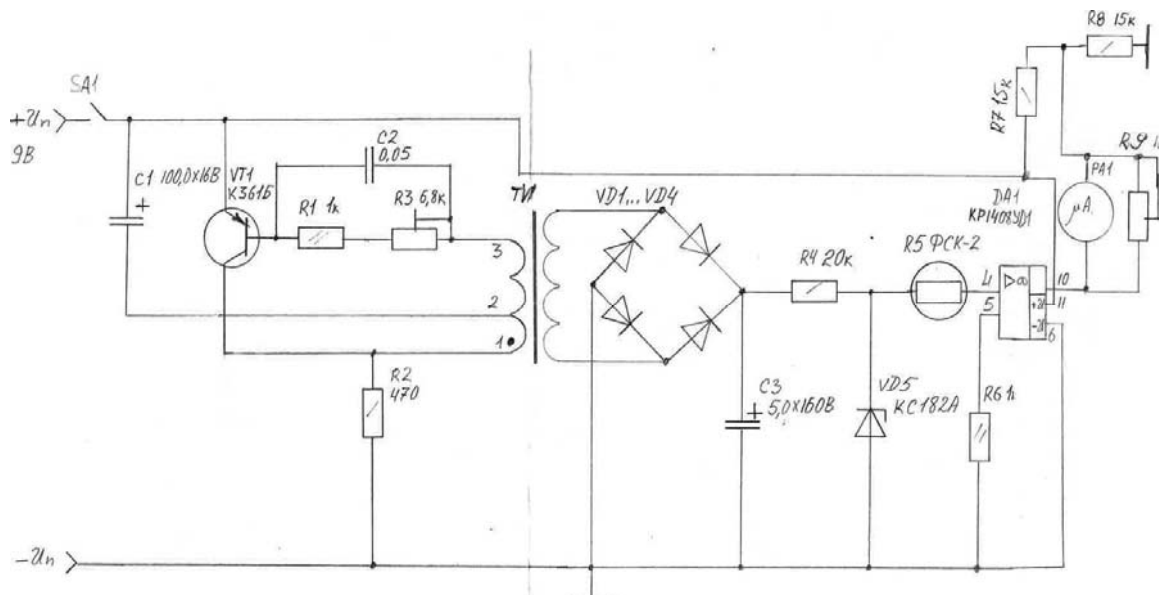
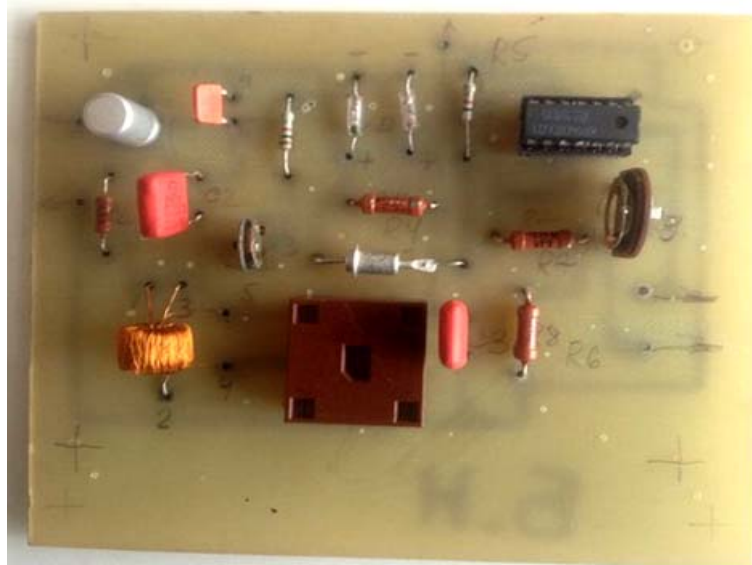


Рисунок 1. Электрическая принципиальная схема измерителя ионизированного излучения

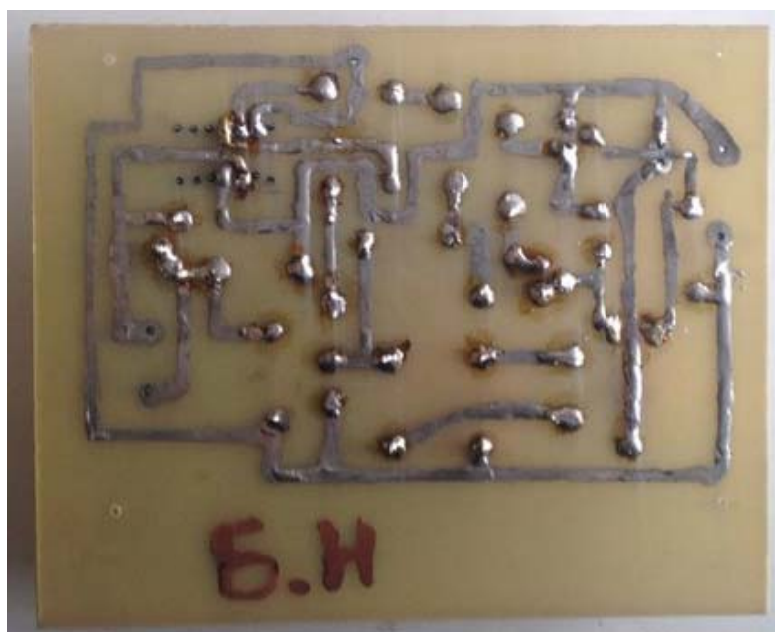
В качестве детектора излучений в приборе применен сульфидно – кадмиевый фоторезистор R6 типа ФСК – 2 (можно применить два соединительных параллельно фоторезистора ФСК -1а или блок из десяти фоторезисторов ФСК –5). На фоторезистор подается постоянное стабилизированное напряжения величиной 100 В. Фототок, возникающий от воздействия излучений, усиливается в  $10^7$ – $10^8$  раз составным транзистором Т2–Т5 (микросхема 1ММ6). В коллекторную цепь последнего включен стрелочный индикатор ИП1, в качестве которого использован микроамперметр М355-1 с током полного отклонения 50 мкА. Его шкала градуирована в единицах экспозиционной дозы излучения – Р/ч. Заданная чувствительность устанавливается с помощью подстроечного резистора R5, шунтирующего микроамперметр. При измерении мощности экспозиционной дозы  $\gamma$ - и жесточному  $\beta$ -излучения окно фоторезистора плотно закрывают выдвижной заслонкой, изготовленной из гетенакса или текстолита толщиной 0,8-1мм. Эта же заслонка играет роль инфракрасного фильтра, когда прибор используют для обнаружения и измерения интенсивности инфракрасного излучения, и роль диафрагмы при измерении интенсивности световых потоков. [1]

Изделие выполнено на односторонней печатной плате, поскольку схема состоит из малого количества элементов и имеет небольшой проводящий рисунок.

В процессе изготовления изделия была самостоятельно разработана и изготовлена печатная плата, смонтированы все элементы, произведена настройка и тестирование прибора. Печатная плата представлена на рис. 2.



*Рисунок 2. Печатная плата измерителя ионизированного излучения*



*Рисунок 3. Обратная сторона печатной платы*

#### **Список литературы**

1. С.Воробьев // Радио. –1974. –№ 2. – С. 29.

## УЛЬТРАФИОЛЕТОВЫЙ ОБЕЗЗАРАЖИВАТЕЛЬ ДЛЯ ПРЕДМЕТОВ ЛИЧНОЙ ГИГИЕНЫ «ФЕС-16»

А.С. Фортуна, М.А. Евсеев, М.П. Сенаторов

anastasya\_fortuna@mail.ru

*Научный руководитель: Мозгалёва П.И., ассистент кафедры ОСУ НИ ТПУ*

Как известно, многие предметы личной гигиены являются настоящим раем для бактерий. Результатом этого могут стать многие неприятные болезни. Мы считаем, что необходимо бороться с бактериями должным образом.

Существует несколько способов дезинфекции. Ультрафиолетовое излучение является одним из самых надёжных и безопасных, а также удобных в использовании, так как человеку не придётся производить обработку вручную, достаточно будет включить прибор. [1]

В данный момент на рынке имеются модели ультрафиолетовых стерилизаторов. Однако они предоставляют возможность дезинфекции либо только для зубных щёток, либо только для маникюрных инструментов. Мы собираемся объединить эти функции в одном приборе, а также добавить к указанным предметам расчёски и бритвенные станки, создать семейную модель. На данный момент в России производятся только индивидуальные дезинфекторы для зубных щёток. [2]

Цель проекта: создание компактного, но многофункционального прибора для дезинфекции средств личной гигиены.

Целевая аудитория проекта: люди, которые уделяют должное внимание своему здоровью.

Механизм работы прибора (рис.1):

Во внутренний стакан обеззараживателя (1) помещаются предметы личной гигиены (зубные щётки, расчёски, маникюрные принадлежности). Стакан закрывается крышкой (2), после чего пользователем устанавливается время обработки на таймере (не показан на рисунке, установлен на внешней стенке корпуса). Включается ультрафиолетовая лампа (3), которая отключается автоматически по истечении времени обработки. Лампа работает от батарейки (4).

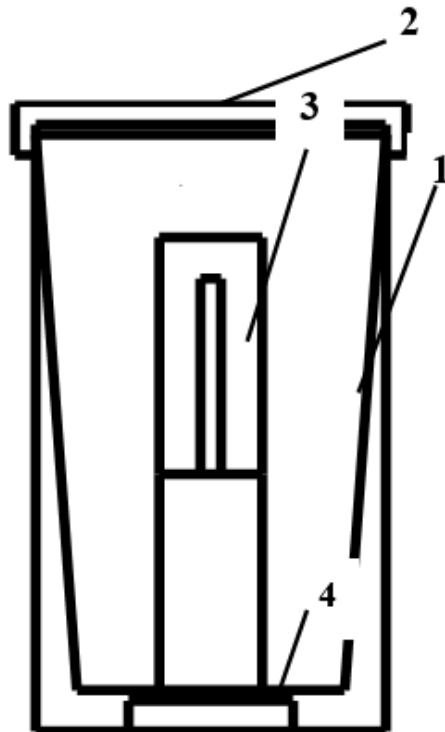


Рис.1. Схема устройства

Ориентировочная стоимость прибора: 1300 р.

Мы считаем, что в нашей стране культуре гигиены уделяется меньше внимания, чем следует. Существующие модели дезинфекторов не популярны в нашей стране – их можно приобрести только в некоторых Интернет-магазинах. [3]

Подобные приборы должны получить большее распространение и, более того, должны производиться в нашей стране, а не за рубежом.

### Список литературы

1. Что такое стерилизатор для зубных щеток? [Электронный ресурс]. – URL: <http://zubzubov.ru/chtotakoe-sterilizator-dlya-zubnyx-shhetok/>
2. Ультрафиолетовый стерилизатор-футляр [Электронный ресурс]. – URL: [http://tomsk.regmarkets.ru/sterilizatory-ultrafioletovye-3007/ultrafioletovyy-yo-iPyH1HixpTMDFsW5p12V\\_Q/](http://tomsk.regmarkets.ru/sterilizatory-ultrafioletovye-3007/ultrafioletovyy-yo-iPyH1HixpTMDFsW5p12V_Q/)
3. Стерилизатор зубных щеток [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.a-shop.ru/product\\_info.php?manufacturers\\_id=&products\\_id=32105](http://www.a-shop.ru/product_info.php?manufacturers_id=&products_id=32105)

# РАЗРАБОТКА ПРОСТРАНСТВЕННО-УКАЗАТЕЛЬНОГО УСТРОЙСТВА «TOUCHPEN»

Д.В. Герасимов, А.В. Климкович

dvg18@tpu.ru, k.vg@mail.ru, airtouch@bk.ru

*Научный руководитель: Фадеев А.С., к.т.н., доцент, заведующий кафедрой АиКС ИК ТПУ*

## **Введение**

Существует несколько разновидностей интерактивных (сенсорных) досок для мультимедийных проекторов, из которых можно выделить два основных типа – активные и пассивные, каждый из которых обладает существенными недостатками. Активные доски необходимо подключать к источнику питания и к компьютеру с помощью проводов, а также сами по себе являются крупногабаритными, вследствие чего их затруднительно перемещать с одного места на другое. Пассивные доски лишены этих недостатков, однако они, вследствие этого, обладают своим недостатком – высокой стоимостью. [1]

## **Реализация**

Мы предлагаем устройство по форме напоминающее ручку для интерактивной доски, с помощью которого можно превратить любую поверхность в сенсорный экран. Для этого мы предлагаем использовать акселерометр и гироскоп, а также микроконтроллер с модулем беспроводной связи и элементом питания, установленные внутри корпуса ручки. Для конкурентоспособности устройства с аналогами устройство должно отличаться удобством, точностью, а также быть доступным по цене.

Прототип состоит цилиндрического корпуса, внешне напоминающего ручку для интерактивной доски, внутри которого установлены: совмещенный модуль акселерометра и гироскопа GY-521 на микросхеме MPU6050 [2], Arduino-совместимая плата Pro Mini [3], Bluetooth-модуль HC-05, аккумулятор ёмкостью 3,6 Вт\*ч, а также несколько кнопок, соединенные между собой проводами.

При движении руки происходит фиксирование перемещения датчиками акселерометра и гироскопа на MPU6050 [4], линейное ускорение и угловая скорость соответственно с которых передаются в микроконтроллер на плате Arduino, который в результате интегрирования и объединения этих данных вычисляет перемещение по трём осям и по каналу Bluetooth посылает данные для перемещения указателя (курсора) на экране компьютера. Нажатие левой кнопки мыши происходит за счёт установленной на кончике «ручки» кнопки, правая же кнопка мыши для удобства расположена на корпусе. Для исключения случайных перемещений курсора используется сенсорная кнопка.

Среди достоинств нашего устройства хотелось бы отметить:

- Мобильность. Наше устройство обладает небольшими размерами, что позволяет без труда брать его с собой.

- Высокая совместимость. Использование нашего устройства возможно с большинством компьютерных устройств, оснащёнными современными операционными системами, без необходимости установки дополнительного программного обеспечения.

- Гибкость использования. Устройство можно использовать как ручку для создания интерактивной доски, так и в роли «презентатора» при проведении презентаций.

- Низкая стоимость по сравнению с конкурентами.

Недостатками нашего устройства являются ограниченное время работы, а также возможная первоначальная сложность в использовании.

## **Дальнейшее развитие проекта**

Дальнейшее развитие проекта мы видим в модернизации прототипа и ПО, направленной на повышение точности, а также написание специализированной программы для OS Windows.

## **Список литературы**

1. Виды и возможности интерактивных досок [Электронный ресурс]// DeLight 2000 – Электрон. дан. – [Б. м.], 2013. – URL: <http://www.delight2000.com/about/publication/kak-vybrat-interaktivnuyu-dosku> (Дата обращения: 20.01.2016).

2. Модуль GY-521 [Электронный ресурс]// Robot-kit – Электрон. дан. – [Б. м.], 2013. – URL: [http://robot-kit.ru/product\\_info.php/info/p587\\_Modul-GY-521-yeto-trehosnyi-akselerometr-i-3-h-osevoi-giroskop-dlya-Arduino-na-mikrosHEME-MPU-6050--Module-3-Axis-Gyroscope-and-Accelerometer-for-Arduino--RKP-GY-521-MPU6050-.html](http://robot-kit.ru/product_info.php/info/p587_Modul-GY-521-yeto-trehosnyi-akselerometr-i-3-h-osevoi-giroskop-dlya-Arduino-na-mikrosHEME-MPU-6050--Module-3-Axis-Gyroscope-and-Accelerometer-for-Arduino--RKP-GY-521-MPU6050-.html) (Дата обращения: 26.02.2016).
3. Плата Arduino Pro Mini [Электронный ресурс]// Arduino – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – URL: <http://arduino.ru/Hardware/ArduinoBoardProMini> (Дата обращения: 27.01.2016).
4. MPU-6050 Accelerometer + Gyro [Электронный ресурс]// Arduino – Электрон. дан. – [Б. м.], 2015. – URL: <http://playground.arduino.cc/Main/MPU-6050> (Дата обращения: 20.03.2016).

# УСТРОЙСТВО ДЛЯ СВОЕВРЕМЕННОГО ОПОВЕЩЕНИЯ О ЗАКИПАНИИ ВОДЫ

О.Д. Киреева, В.И. Ли, В.В. Попов

Yolka97@yandex.ru, suzuno@list.ru

Научный руководитель: Мозгалёва П. И., ассистент каф. ОСУ ИК ТПУ

**Введение.** Многие сталкивались с ситуацией, когда вода выкипала из кастрюли из-за того, что человек забыл про нее, увлекшись другим делом. В итоге, ему приходится отмывать плиту, ставить воду заново, а студентам, живущим в общежитии, еще и платить штраф.

Наше устройство помогает не допустить подобных неприятных ситуаций. Суть его работы предельно проста: блок с термодатчиком опускается в воду, а при кипении брелок подает звуковой сигнал владельцу, напоминая о кастрюле на кухне. Таким образом, человек вовремя выключит воду, что спасет его от многих проблем.

## Принцип работы

Устройство состоит из двух отдельных частей:

- Блок с термодатчиком
- Оповещающий брелок

Для реализации мы решили использовать платформу Arduino[1], так как он прост в программировании[2] и можно обойтись без пайки, как следствие, меньшая вероятность выведения платы или модуля.

Блок с термодатчиком состоит из платы Arduino Pro Mini, датчика температуры, радиопередатчика на 433 МГц (этот частотный диапазон обеспечивает наибольшую дальность связи) и батарейного отсека для обеспечения беспроводного питания платы.

Брелок тоже основан на плате Arduino Pro Mini и включает в себя приемник и пьезоизлучатель для воспроизведения звука. Для более простой работы с термодатчиком было решено подключить соответствующую ранее разработанную библиотеку[3].

Суть работы устройства заключается в следующем: при достижении температуры кипения (98°-100°С) от датчика идет сигнал на плату, после чего передается по радиоканалу на брелок, где включается звуковой сигнал (рис. 1).

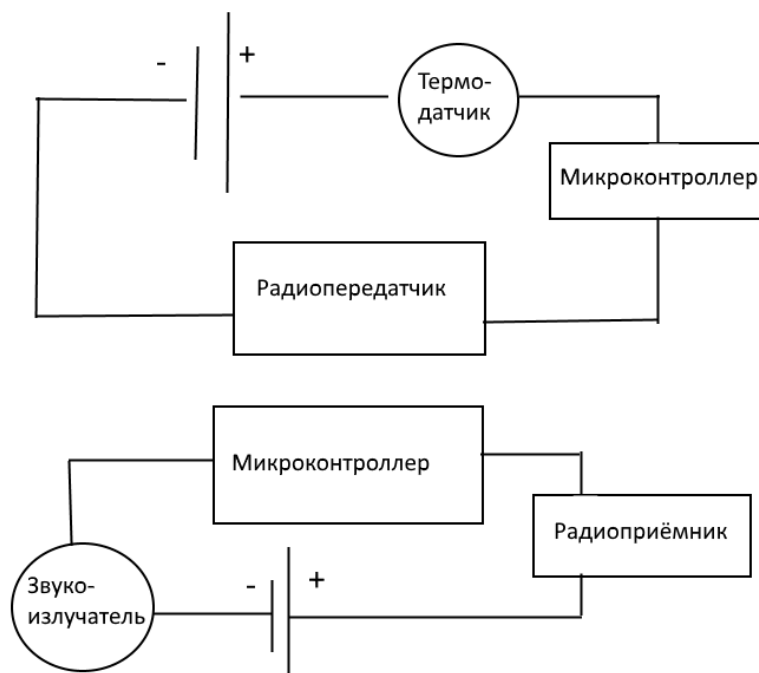


Рисунок 1. Электрическая схема устройства

**Заключение.** Наш проект решает проблему, актуальной для многих людей: домохозяек, студентов, рабочих. Теперь им не придется следить за тем, как закипит вода, и можно провести время за своими делами. Мы рассчитываем, что наше устройство будет пользоваться спросом и облегчит процесс приготовления пищи.

#### **Список литературы**

1. Интернет-магазин для радиолюбителей «IArduino». Цены на платы Arduino. – URL: <http://iarduino.ru/shop/Sensory-Datchiki/> (дата обращения: 04.04.2016).
2. Программирование Ардуино. – URL: <http://arduino.ru/Reference> (дата обращения: 04.04.2016).
3. Dallas Temperature Control Library. – URL: [https://milesburton.com/Dallas\\_Temperature\\_Control\\_Library](https://milesburton.com/Dallas_Temperature_Control_Library) (дата обращения: 04.04.2016).



## ЗИМНИЕ СОЛНЦЕЗАЩИТНЫЕ ОЧКИ

М.А. Кокташев, А.А. Зобнина, С.А. Лозицкий, М.В. Александров

aaz47@tpu.ru,

*Научный руководитель: Мозгалева Полина Игоревна, ассистент кафедры ОСУ, ИК, НИ ТПУ*

В мире множество проблем, касающихся разных слоёв населения. Одна из таких насущных проблем заключается в опасности ходить по улицам в солнечные дни, особенно в зимнее время года. Когда светит солнце, его лучи отражаются от снега и попадают на сетчатку глаза, в результате чего становится тяжело смотреть по сторонам, находясь на улице. Из-за яркого света слезятся глаза, и он опасен как для жизни, так и для здоровья человека. Поэтому необходимо защищать глаза в зимние солнечные дни.

Идея проекта заключается в создании наиболее удобных солнцезащитных очков, предназначенных для использования в солнечные дни в зимнее время года. Очки отличаются от аналогов эффективной защитой от солнечных лучей, отраженных от снега.

Цель проекта: с 15 марта по 15 мая 2016 года создать реальный опытный образец современных и удобных очков, подходящих людям, которые нуждаются в солнцезащитных очках.

### SMART – анализ цели

1. Конкретность – создать солнцезащитные очки.
2. Измеримость – получить опытный образец.
3. Достижимость – реально достижимая цель.
4. Сопоставимость – подходят людям, которые не могут находиться на солнечном свете, нуждаются в солнцезащитных очках круглый год.
5. Определенность во времени – с 15 марта по 15 мая 2016 года.

В целевую группу нашего проекта входят люди, в особенности молодое поколение, которые любят слушать музыку и не хотят страдать от яркого солнечного света в зимнее время года.

В ходе нашей работы были рассмотрены некоторые варианты солнцезащитных очков, которые могут носить люди зимой:

1. Обычные летние солнцезащитные очки, являются крайне неудобными при прогулке в зимней шапке, к тому же, при обильных осадках, какая-то часть снега может попадать на линзы и под очки.

2. Лыжные солнцезащитные очки вряд ли могут стать подходящей моделью очков для обычной прогулки, так как их размеры слишком велики, тем самым они доставляют достаточное количество неудобства.

3. Пожалуй, самые дешевые очки стоимостью 99.96 рублей (бесплатная доставка по всей России), которые мы смогли найти на просторах интернета – это солнцезащитные очки, оправы и линзы которых сделаны из пластика. Линзы являются зеркальными и не могут быть конкурентно способными с линзами, обладающими большой функциональностью.

4. Если же рассмотреть дорогие и качественные очки, то они бесспорно будут обладать большей функциональностью, но не каждый человек готов потратить 5 – 10 тыс. рублей на солнцезащитные очки. Оптимальной ценой является 1 – 2 тыс. рублей.

### SWOT-анализ

Сильные стороны:

1. Защита глаз.
2. Не энергозатратность.
3. Ресурсоэффективность.
4. Относительно низкая стоимость.
5. Универсальный дизайн.
6. Удобное крепление наушников.
7. Удобство в использовании.

Возможности:

1. Новое оснащение.
2. Использование легких материалов.

Слабые стороны:

1. Возможен малый спрос на товар.
2. Возможно запотевание линз.

Угрозы:

1. Конкуренты.
2. Низкая потребительская активность.
3. Недостаточно эффективная защита от солнечных лучей.

Итогом нашей работы должны стать изготовленные зимние солнцезащитные очки. Ожидается, что модель будет полностью рабочей и готовой к использованию, что подтвердит финальная стадия разработки проекта - тестирование готовой модели. Так же к ожидаемым результатам проекта относится регистрация авторских прав на очки и дальнейшее получение патента РФ, что произойдет в течение 2016 года.

В дальнейшем мы планируем наладить серийное производство солнцезащитных очков и увеличить их оснащение. Планируются различные технические и дизайнерские нововведения, которые будут способствовать повышению продаж очков. Ожидаемым шагом в развитии проекта будет поиск решений по удешевлению производства без потери качества изделий.

## BIKE LIGHTS 2

Я.Ю. Малькова

yamalkova96@gmail.com

*Научный руководитель: Чернов А.В., старший преподаватель кафедры экспериментальной физики,  
Национальный исследовательский Томский политехнический университет*

Одним из самых востребованных и популярных транспортных средств в мире на сегодняшний день, по праву, можно считать велосипед. Доказательством данного утверждения может служить тот факт, что велосипед был включен в перечень самых важных изобретений человечества [1]. По предварительным подсчетам, во всем мире насчитывается порядка 1,4 млрд велосипедов, в то время как число автомобилей не более 500 млн [2]. Рассмотрим основные причины популярности данного вида транспорта.

Во-первых, вследствие полного отсутствия выхлопных газов, велосипед является очень экологичным транспортным средством, так как способен помочь в решении вопроса глобального потепления и кислотных дождей. Во-вторых, основной головной болью автовладельцев является цена на бензин, велосипедисты же лишены данной проблемы, так как движение велосипеда по проезжей части осуществляется посредством механической работы самого велосипедиста. В-третьих, велосипедисту больше не нужно беспокоиться о вечных пробках на дороге, особенно в часы пик, таким образом, владелец велосипеда значительно экономит свое время, а времени, как мы знаем, всем людям во все времена и эпохи итак катастрофически не хватает. И наконец, велосипед является своеобразным «золотым стандартом» кардиотренажера [3]. В подтверждение последнего из аргументов, доказывающих важность и востребованность данного вида транспортного средства, стоит отметить тот факт, что люди, которые хотя бы изредка совершают велосипедные прогулки, значительно меньше подвергаются заболеваниям сердечнососудистой и дыхательной систем.

Однако у велосипеда имеется также и ряд недостатков. Главным из них является, конечно же, массовая аварийность при движении велосипедиста по проезжей части бок о бок с другими транспортными средствами. По данным Всемирной организации здравоохранения, ежегодно в мире на дорогах погибает более 60 тысяч велосипедистов, и эта цифра продолжает расти [4]. Причиной аварий, в большинстве случаев, служит непонимание автовладельцами предстоящих маневров велосипедиста в виду ограниченного времени и низкой информативности светового оборудования большинства велосипедов или же его полного отсутствия.

На сегодняшний день существует немало вариантов решения данной проблемы. Во-первых, применение в качестве габаритов катафотов (светоотражателей), они эффективны только в вечернее время суток и только при направленном освещении их фарами встречного или последующего транспортного средства. Во-вторых, установка велосипедных фар на руль и под сидение велосипеда, очень распространенный вариант, однако не является достаточно информативным, так как с помощью него нельзя предупредить водителей других транспортных средств о смещении велосипедиста по ширине проезжей части.

Наилучший вариант решения проблемы аварийности на дорогах с участием велосипедистов – создание модульной системы световых оповестительных сигналов для велосипеда, которая способна информировать других участников дорожного движения о нахождении велосипедиста на проезжей части, а также о его предстоящих поворотах или изменении полосы движения.

Целью проекта Bike lights 2 является создание данной модульной системы. К задачам следует отнести анализ имеющихся систем и комплексов светового оборудования для велосипеда, выявление их сильных и слабых сторон, разработка и проектирование собственной системы, создание прототипа.

Целевой аудиторией продукта будут являться:

- Родители, которые покупают велосипед своим детям возраста 14-18 лет и заботятся об их безопасности при движении по дороге.
- Люди от 18 лет, которые уже имеют велосипед или только совершают его покупку, время от времени совершающие велосипедные прогулки.
- Велосипедисты любой возрастной группы, а также профессиональные велосипедисты, которые регулярно совершают поездки на велосипеде.
- Люди, которые выбирают подарок своим друзьям, коллегам или знакомым велосипедистам.

- Магазины спортивных товаров, которые занимаются продажей велосипедов и (или) сопутствующих им аксессуаров.
- Пункты проката велосипедов, которые хотят привлечь к себе покупателей дополнительными возможностями велосипедов.

Конструкция разработанной системы, которая является максимально информативной и предельно простой в установке и последующей эксплуатации, заключается в следующем:

1-ое звено – передняя белая и задняя красная велосипедные фары, которые устанавливаются на руль и под сидение велосипеда соответственно, фары имеют независимое включение и аккумуляторы.

2-ое звено – «рога», которые устанавливаются на руль с внутреннего торца грипс, на них расположен фонарь для подачи поворотного сигнала, а также предусмотрена подсветка обочины проезжей части. Они оснащены независимой системой переключения режимов работы и аккумуляторами. Процесс установки данной системы на велосипед заключается в закручивании четырех болтов крепления фонарей, а эксплуатация в периодической подзарядке аккумуляторов в количестве четырех штук.

В сравнении с существующими аналогами разработка имеет ряд существенных преимуществ. Во-первых, она очень доступно передает участникам дорожного движения информацию о местоположении велосипедиста на дороге и его предстоящих действиях. Во-вторых, функционируя как единый комплекс, она не связана системой проводов. В-третьих, она позволяет не только передавать информацию водителям других транспортных средств, но и значительно увеличивает видимость дороги самому велосипедисту, так как в данном случае угол обзора получается значительно больше, чем у стандартной велосипедной фары. И наконец, в расположении кнопок регулирования режимов работы особое внимание уделено эргономичности. Человеку больше не придется задумываться над соотношением совершаемого действия и расположением переключателя на блоке управления системой.

Таким образом, данная система – модульная система оповестительных световых сигналов – поможет если не решить проблему крайней аварийности с участием велосипедистов, то, во всяком случае, сократить их количество и трагичность последствий.

### Список литературы

1. Откуда взялись складные велосипеды// Клуб владельцев складных велосипедов [Электронный ресурс]. – URL: [http://www.mobiky-club.ru/otkuda\\_vzylis\\_skladnye\\_v/](http://www.mobiky-club.ru/otkuda_vzylis_skladnye_v/) (дата обращения 28.03.2016).
2. 17 причин, почему велосипеды являются самым популярным транспортом в мире [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.priroda.su/item/383> (дата обращения 29.03.2016).
3. Осипова Я.Ю. Bike lights// Ресурсоэффективным технологиям – энергию и энтузиазм молодых: сборник научных трудов VI Всероссийской конференции; Национальный исследовательский Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2015. – С.422–424.
4. 3 причины опасаться велосипедистов// Спорт/ Международная информационная группа «Интерфакс» [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.interfax.ru/sport/310307> (дата обращения 11.04.2016).

# СИСТЕМА ФИКСАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ СОРЕВНОВАНИЙ СКОРОСТНЫХ ВИДОВ СПОРТА

С.П. Миртов

mirtov-sb@mail.ru

*Научный руководитель: А.С. Фадеев, заведующий кафедрой АИКС ИК ТПУ*

## Введение

В скоростных видах спорта необходимо измерять время прохождения трассы спортсменом с точностью до тысячных долей секунды, иногда микросекунды отделяют победителя от проигравшего. Кроме того, системы фиксации времени прохождения этапов должны полностью исключать влияние человеческого фактора на измерение времени и на конечный результат. Для этих целей разработаны и применяются различные системы хронометража, однако, большинство таких систем на сегодняшний момент обладают целым рядом недостатков, таких как высокая цена, сложность развертывания, ограничения по длине трассы, отсутствие централизованного хранилища результатов, невозможность учитывать кроме времени дополнительные оценки судей и др. В настоящее время существует высокая востребованность в подобных системах, особенно у небольших спортивных организаций, многие спортивные организации желают приобрести схожие системы автоматической фиксации и обработки результатов, но не могут себе позволить этого в связи с очень высокой стоимостью на рынке.

## Цель работы

Разработать бюджетную систему хронометража, имеющую стоимость, в несколько раз меньше существующих аналогов, а также обладающую следующим набором функций:

- фиксация моментов старта и финиширования спортсмена;
- световая и звуковая индикация состояния оборудования;
- печать результатов;
- возможность разнести стартовый и финишный створ на расстояние до 5 километров;
- автоматическая обработка оценок судей;
- запись данных в журнал;
- передача данных на сервер для централизованной обработки и хранения;
- автоматическая обработка всех результатов;
- отображение результатов на табло в режиме реального времени.

Первые три — базовые функции, которыми обладают большинство представленных на рынке систем хронометража. Разрабатываемое решение должно иметь функции, упрощающие процесс проведения соревнований и отличающие его от существующих аналогов.

## Разработка технической части

При проектировании технической части было принято решение использовать в качестве локальных вычислителей микроконтроллеры реального времени Atmega 328p, а в качестве центрального устройства мультиплексирования, хранения и обработки информации — небольшой веб-сервер на базе свободно распространяемой операционной системы семейства UNIX. Для обеспечения стабильного энергоснабжения используются Li-Po аккумуляторные батареи высокой емкости с термокомпенсацией.

Для обеспечения высокой точности измерения времени прохождения спортсменом трассы от старта до финиша, система хронометража должно иметь встроенные часы высокой точности, не допускающие ошибку больше 1 мс. Кроме того, высокоточные часы должны быть как у стартового блока, так и у финишного с наличием возможности синхронизации.

Проблема заключается в том, что высокая точность времени и внутренние таймеры контроллера Atmega – понятия несовместимые. Для нахождения оптимального пути решения было решено проверить все экспериментально.

В первом эксперименте участвовало два контроллера Atmega 328p, два компьютера, используемые в качестве мониторов серийных портов, макетная плата, две кнопки, соединительные провода. В микроконтроллеры были залиты одинаковые программы, одна кнопка вызывала прерывание одновременно на двух контроллерах. Было использовано два прерывания, одно обнуляла некоторый

счетчик, второе фиксировало значение таймера и отправляло его в серийный монитор. В результате, за пять минут таймеры разных контроллеров расходились на 3 секунды, такое значение погрешности недопустимо.

Во втором эксперименте контроллеры тактировались не от внутренних резонаторов, а от внешних кварцевых резонаторов. Для проведения эксперимента были приобретены два резонатора, четыре конденсатора, также были исправлены FUSE биты, для внешнего тактирования. В остальном эксперимент был схож с предыдущим. В данном эксперименте разность показаний составлял около 2 секунд за 7 минут, чуть лучше, но все еще далеко от желаемой погрешности.

Для проведения третьего эксперимента были приобретены модули реального времени rtc ds3231n. Эти модули снабжены термокомпенсатором, что должно привести к высокой точности. В третьем эксперименте генератор частоты в 32 кГц модуля реального времени был подключен к одному из пинов контроллера, на который было подписано прерывание со счетчиком. В данном эксперименте погрешность составляла около 122 тактов генератора за 2,5 часа. Это очень хороший результат, но в технической документации к данным модулям указана более высокая точность. Так же в этом эксперименте было выяснено, что погрешность зависит не только от времени, но и от количества вызванных прерываний. Мощностей контроллера заметно не хватает.

В четвертом эксперименте было решено сделать гальваническую развязку контроллеров, для этой цели были использованы оптопары, по нажатию кнопки, подавалось напряжение от независимого источника питания на светодиоды оптопар, фототранзисторы замыкались одновременно, вызывая одновременное прерывание на двух контроллерах, при этом контроллеры были полностью изолированы друг от друга, для уменьшения количества случайных срабатываний прерываний. Так же в данном эксперименте было решено заменить внутренние подтягивающие резисторы контроллеров, на обычные термоустойчивые резисторы. Расхождение таймеров на этот раз составляло примерно, 110 тактов за 2,5 часа. Расхождение по-прежнему зависело от количества прерываний, контроллеры обрабатывали прерывания, с различной скоростью, пропуская при этом такты генератора.

В пятом эксперименте был оптимизирован код обработчиков прерываний и код программы в целом, теперь вместо использования стандартных библиотек обращения к регистрам портов велось напрямую. Добавлена программная компенсация дребезга контактов кнопок. Была увеличена скорость передачи данных в последовательный порт. В этом эксперименте была устранена зависимость разности значений таймера от количества прерываний. На этот раз при постоянном вызове прерываний расхождения таймера составляло около 2-3 тактов, что эквивалентно  $9 \cdot 10^{-5}$  секунд, очень хороший результат, однако при долгом простаивании и дальнейшим вызовом прерывания, расхождения таймеров составляло 120–150 тактов.

На сегодняшний день неясна причина данного расхождения, в дальнейшем будут проведены эксперименты с программным понижением частоты генератора импульсов модуля реального времени, если это не приведет к желаемому результату, будет выполнена программная компенсация данного расхождения.

Передача данных о моментах старта и финиша спортсмена будут передаваться между сервером и периферией при помощи GPRS или радиомодемов.

### **Серверная часть**

Для проведения простых соревнований и быстрой обработки результатов необходимо реализовать простой интуитивно понятный интерфейс пользователя. Серверная часть разрабатывается на языке программирования C#, преимущество данного языка заключается в большом наборе готовых решений для работы с базами данных, а также для отображения таблиц.

Задачи сервера:

- конфигурация режимов работы оборудования;
- прием и передача результатов прохождения трассы спортсменом;
- обработка результатов в режиме реального времени;
- прием и обработка данных оценок судей;
- вывод данных на табло;
- организация доступа клиентов к данным;
- печать результатов и протоколов.

Серверная часть, а также мобильные приложения могут быть установлены практически на любые современные компьютеры и телефоны, что избавляет от необходимости покупать специальное оборудование.

### **Заключение**

Для апробации основных принципов работы, а также для уточнения конфигурации необходимого оборудования был собран рабочий прототип, использующий проводные каналы связи. На сегодняшний день ведется отладка беспроводной составляющей передачи данных. В ближайшем будущем будет собран первый беспроводной прототип, а также будет проведена апробация для обсуждения и уточнения рабочих моментов системы с тренерами и спортсменами фристайла Томской области.

### **Список литературы**

1. Блог: программирование микроконтроллеров, настройка UART [Электронный ресурс]. – URL: <http://radioparty.ru/prog-avr/program-c/307-lesson-usart-avr> Режим доступа: свободный (дата обращения: 07.02.2016).
2. Datasheet на микроконтроллер ATmega 328p.
3. Каталог API (Microsoft) и справочных материалов [Электронный ресурс] – URL: <https://msdn.microsoft.com>, режим доступа – свободный.

## ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫЙ УВЛАЖНИТЕЛЬ ВОЗДУХА «ТЕМ» (TOWEL EVAPORATING MOISTURIZER)

Д.И. Пташник, Е.В. Соколова, К. Магомо

evs56@tpu.ru

*Научный руководитель: Мозгалева П. И., ассистент кафедры ОСУ ИК ТПУ*

Увлажнитель воздуха «ТЕМ» - проект в области инновационных разработок в направлении улучшения комфорта в помещении путем повышения влажности воздуха. Проект заключается в разработке и воплощении в жизнь увлажнителя воздуха с большей эффективностью и меньшей ценой, чем представлено на современном рынке, для средней ценовой категории.

К решению о приобретении увлажнителя нас приводит не только желание, но и необходимость исправить качество воздуха в помещениях, где мы проводим большую часть своего времени. Некачественный воздух затрудняет дыхание, негативно влияет на здоровье и общее самочувствие. Недостаток влажности в воздухе плохо отражается и на деревянной мебели, паркете, на комнатных растениях. Очень вреден сухой воздух для детей, поскольку детский иммунитет более чувствителен к нарушениям микроклимата в помещении. При вдыхании сухого воздуха пересыхают слизистые оболочки, в результате чего повышается риск респираторных и инфекционных заболеваний вследствие снижения защитных функций организма. Средняя влажность для городов центральной Сибири в зимнее время примерно 20–30 процентов, а существующие увлажнители испаряющего типа средней ценовой категории повышают ее всего на 10–12 % для двухкомнатной квартиры, тем временем, как рекомендуемая влажность – 60–70 %.

Увлажнитель – необходимый прибор в современных условиях жизни, который должен с максимальной эффективностью обеспечивать необходимую влажность для комфортного обитания в помещении. Однако современный рынок не совсем соответствует требованиям покупателей, а именно: покупателей в своем большинстве не устраивает качество работы увлажнителя и соответствующая ему цена. Поэтому нашей целью стало создать увлажнитель с альтернативной конструкцией, позволяющей ему работать эффективно при низкой стоимости.

Наш увлажнитель воздуха может найти популярность среди любого среднестатистического человека со средней заработной платой. Родители, которые заботятся о здоровье своих детей, будут не против приобрести увлажнитель для избавления от ряда респираторных и инфекционных заболеваний. Большую популярность наш проект будет иметь и среди людей, которым необходимая определенная влажность воздуха (люди, страдающие кожными и аллергическими заболеваниями и т.п. Так же мы знаем, что, например, для сохранения книг на долгий срок необходимо поддерживать определенную влажность в помещении.

### Принцип работы увлажнителя

В увлажнителе «ТЕМ» предметом, с которого будет испаряться вода является махровое полотенце, которое при вращении будет непрерывно касаться воды. Вследствие работы воздухонагревателя вода будет испаряться, тем самым поднимая уровень влажности в помещении. На рисунке 1 показано устройство увлажнителя «ТЕМ».

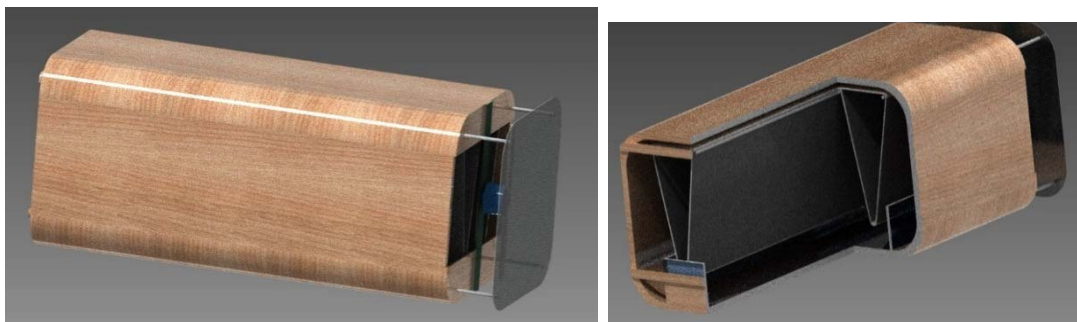


Рисунок 1. Устройство увлажнителя «ТЕМ»



### **Ожидаемые результаты проекта**

Ожидается к окончанию основной стадии проекта иметь рабочий прототип увлажнителя, имеющего основные характеристики, превышающие характеристики конкурентов в 3-4 раза и ориентировочную себестоимость 1500–2000 р.

Возможные варианты дальнейшего развития – увеличение значений ключевых количественных характеристик прототипа, создание усовершенствующей модели с подходящим для выпуска в производство корпусом, дизайном, строением.

## КРЫШКА-НЕПРОЛИВАЙКА «CUP LOCK»

Е.А. Суханов, К.Р. Чеботарев

Dger97@mail.ru,  
StreetTamplier@yandex.kz

*Научный руководитель: Мозгалева П.И., асс. каф ОСУ, ИК, НИ ТПУ*

### Введение

В настоящий момент современный человек имеет все меньше свободного времени, так как стремится успеть сделать все запланированные дела в максимально сжатые сроки. И чтобы решить эту проблему, человек пытается совместить несколько дел сразу. Так, например, он может читать газету или работать за компьютером и пить напиток (кофе, чай, воду). Нередко случается, что по неосторожности человек может пролить стакан с жидкостью на важные вещи (одежду, документы, клавиатуру и др.). В целях предотвращения данных ситуаций разрабатываются специальные стаканы такими производителями, как Starbucks, Dragon Gifts и другие [1, 2].

Главным недостатком является неавтоматическое закрытие крышки, т. е. полный ручной механизм открытия и закрытия механизма. Наш проект был разработан с целью решения данной проблемы. В ходе работы над проектом мы пришли к созданию крышки специальной конструкции, с особым механизмом открывания, который легко использовать. Таким образом, человек получает возможность быть застрахованным от неприятных случайностей и со спокойствием наслаждаться напитком. Крышка будет интересна широкой аудитории. Ее могут использовать все возрастные категории, любящие наслаждаться напитками и заниматься важными делами одновременно, при этом не волнуясь за неловкое движение рукой или непредвиденные ситуации.

### Описание технической части

Конструкция крышки состоит из нескольких частей: корпус, диск, пружина, кнопка, прорезиненные материалы (рис. 1).

На боковой поверхности корпуса крышки имеется кнопка, которая соединена с концом пружины. Другой конец пружины соединяется с диском. Диск находится в специальном зазоре, внутри которого имеется силикатное покрытие для предотвращения попадания воды. На диске у одного из краев имеется выемка в виде полумесяца. При нажатии на кнопку, за счет натяжения пружины, диск выдвигается на определенное расстояние, достаточное для прохождения жидкости через отверстие на нем. При отпускании кнопки диск возвращается в начальное положение, предотвращая случайное проливание напитка.



*Рисунок 1. Внешний вид устройства*

При удачном тестировании предварительного образца и внесении необходимых коррективов планируется поиск партнеров для поддержки создания пробной партии и продвижения товара на рынок.

#### **Список литературы**

1. Starbucks [Интернет-ресурс]. – URL: <http://fb.ru/misc/i/gallery/32365/989525.jpg>
2. Starbucks [Интернет-ресурс]. – URL: [http://dragon-gifts.ru/catalog/detail.php?SECTION=1395&ELEMENT\\_ID=169914](http://dragon-gifts.ru/catalog/detail.php?SECTION=1395&ELEMENT_ID=169914)

# ИМИТАЦИОННАЯ МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ ПЕРЕРАБАТЫВАЮЩЕЙ СПОСОБНОСТИ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНОГО СКЛАДА

В.С. Тимченко

tim4enko.via4eslav@mail.ru

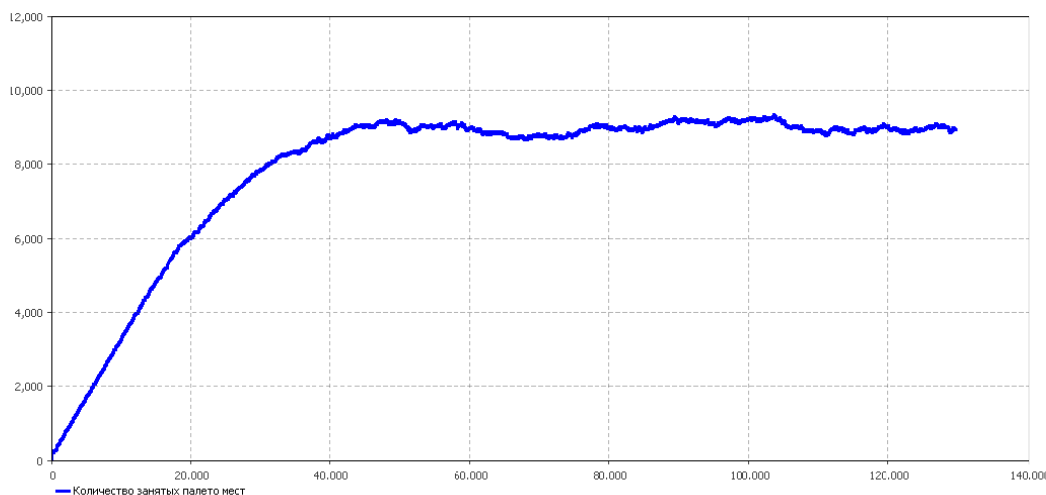
*Научный руководитель: Кокурин И.М., д.т.н., профессор Институт проблем транспорта им. Н.С. Соломенко РАН*

Имитационная модель [1-4] была построена в среде с использованием дискретно-событийного подхода, который позволил рассмотреть процесс выгрузки транспортных средств.

Если в процессе моделирования при заданных параметрах системы объем склада полностью заполняется, то моделирование завершается и делается вывод о невозможности освоения заданного грузопотока при заданных параметрах склада. Оператору имитационной модели при следующем эксперименте следует сделать одно из двух возможных действий:

1. Увеличить максимальный объем склада;
2. Увеличить интервалы между прибытием автомобилей (не позволяет рассчитать максимальную перерабатывающую способность склада).

По мнению автора, наилучшим вариантом будет задание изначально завышенной емкости склада, и выведение на временной график динамики его фактического заполнения, пиковое значение которого и будет характеризовать максимальную перерабатывающую способность склада (рис. 1).



*Рисунок 1. Количества занятых палето-мест*

Оператор модели анализирует работу склада, при различных процентных соотношениях рассматриваемых категорий транспортных средств [5-7], а также увеличить их количество, при несложной ее модификации. При наличии законов распределения интенсивности поступления транспортных средств, имитационная модель позволяет не только оценить максимальную перерабатывающую способность, но и достаточность инфраструктурных и технологических мероприятий по ее увеличению, в случае необходимости увеличения перерабатывающей способности распределительного склада.

Модель позволяет проводить эксперименты и решать задачи различного уровня:

1. Решение о принятии на хранение дополнительного объема грузопотока (модель используется как система поддержки принятия решения в оперативном режиме используя в качестве исходных данных фактические значения заполнения склада и срока хранения грузов, время прибытия грузов на хранение которых заключены договора и прогноз поступления потенциального грузопотока).
2. Решение о закупке дополнительного количества средств механизации (на основании заключенных долгосрочных договоров с увеличением объема перерабатываемого грузопотока постоянных клиентов).

3. Решение об увеличении полезного объема склада (стратегическая задача, требующая значительных капиталовложений и относительно длительного срока реализации).

Модель позволяет рассмотреть работу склада, при различных процентных соотношениях рассматриваемых категорий транспортных средств, а также увеличить их количество, при несложной ее модификации. При наличии законов распределения интенсивности поступления транспортных средств, имитационная модель позволяет не только оценить максимальную перерабатывающую способность, но и достаточность инфраструктурных и технологических мероприятий по ее увеличению, в случае необходимости увеличения перерабатывающей способности распределительного склада.

С помощью имитационной модели можно рассчитать следующие основные показатели эффективности работы распределительного склада:

- Коэффициент загрузки каналов.
- Средняя длина очереди.
- Среднее время ожидания обслуживания.
- Вероятность ожидания обслуживания.

### **Заключение**

В статье описана имитационная модель распределительного склада, которая позволяет оценить достаточность его перерабатывающей способности в условиях обслуживания нескольких категорий транспортных средств, предназначенная для визуализации, анализа и поиска устойчивых параметров функционирования системы.

### **Список литературы**

1. Тимченко В.С. Оценка достаточности перерабатывающей способности распределительного склада тарно-штучных грузов методом имитационного моделирования // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – №2. – С. 64-68
2. Тимченко В.С. К вопросу применения имитационных моделей складских комплексов // Фундаментальные и прикладные исследования в технических науках в условиях перехода предприятий на импортозамещение: проблемы и пути решения. – 2015. – С. 172-173
3. Тимченко В.С. Имитационная модель склада тарно-штучных грузов при обслуживании семи категорий автомобилей // Виртуальное моделирование, прототипирование и промышленный дизайн. – 2015. – Том 2. – С. 82–87
4. Котенко А.Г., Ковалев К.Е., Тимченко В.С. Оценка достаточности перерабатывающей способности распределительного склада тарно-штучных грузов, при обслуживании семи категорий транспортных средств // Интеллектуальные системы на транспорте. – 2015. – №5. – С. 135 – 144.
5. Галкина Ю.Е., Ковалев К.Е., Тимченко В.С. Оценка перерабатывающей способности грузового фронта методом имитационного моделирования // Вестник транспорта Поволжья. – 2015. – №1. – С. 54-58
6. Тимченко В.С. Расчет пропускной способности двухпутного железнодорожного участка с учетом категорий грузовых поездов методом имитационного моделирования процессов перевозок // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» Том 7, №5 (2015). – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/12TVN515.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/12TVN515
7. Тимченко В. С. Имитационная модель автосервиса // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. – 2015. – №1. – С. 138-142

## РАЗРАБОТКА МЕТАЛЛОИСКАТЕЛЯ

И.Ю. Туркатов

Ivan.turcatov.74@gmail.com

Научные руководители: Науменко А.Д., ОГБПОУ «ТЭПК»; Захарова Т.П., ОГБПОУ «ТЭПК»

Целью проекта является создание малогабаритного металлоискателя. Его можно применять не только в быту, но и для определения наличия металлов в почве. Несмотря на простоту схемы, металлоискатель имеет достаточно хороший параметр: он может обнаруживать 10 копеечную монету на расстоянии до 20см.

С угрозой терроризма эти устройства применяются также и в охране. Разработанный металлоискатель почти соответствует по всем параметрам другим промышленным металлоискателям подобного класса. Прибор потребляет минимум энергии, он может работать непрерывно до 20 часов от трёх миниатюрных батареек.

Металлоискатель, как показано на рисунке 1, состоит из генератора высокой частоты и приемника, который регистрирует изменения частоты генератора при приближении к нему металлических предметов.

Приемник металлоискателя гетеродинного типа выполнен на одном транзисторе. Каскада на этом транзисторе совмещает функции гетеродина и детектора.

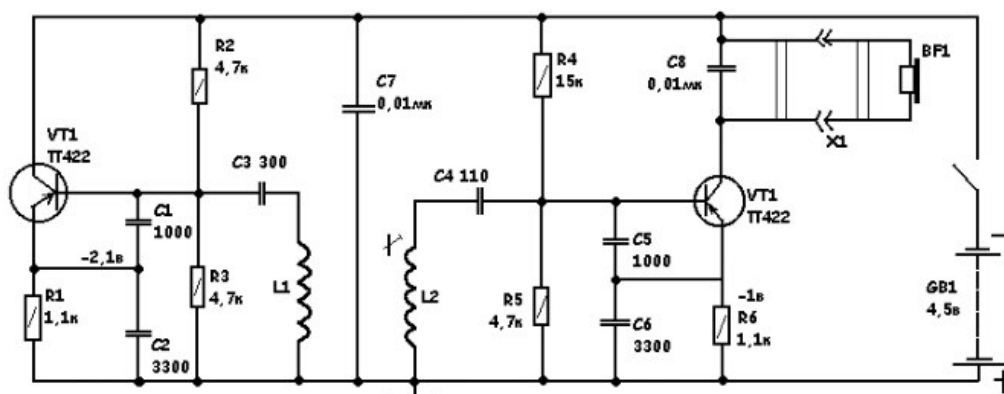
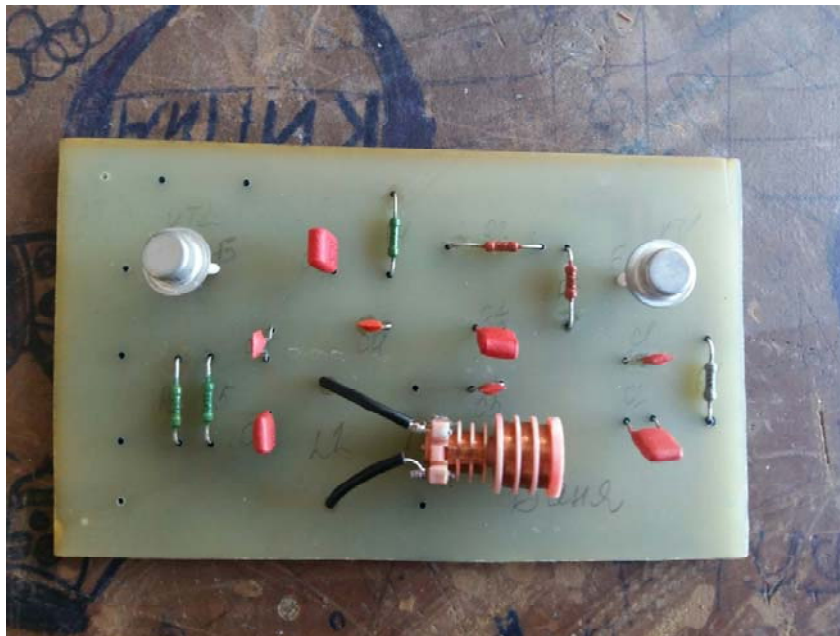


Рисунок 1. Электрическая принципиальная схема металлоискателя

Гетеродин собран по схеме емкостной трехточки. Достоинством такой схемы является использование катушки индуктивности без отводов, что очень удобно для начинающих радиолюбителей. Колебательный контур содержит катушку индуктивности L2, конденсатор C4. Частоту гетеродина можно изменять подстроечным сердечником катушки L2.

Генератор высокой частоты собран на транзисторе V1 также по схеме емкостной трехточки. Частота генератора зависит от индуктивности катушки L1, выполненной в виде рамки. Если вблизи катушки окажется металлический предмет, индуктивность ее изменится. Это приведет к изменению частоты генератора, что будет сразу зарегистрировано приемником металлоискателя. Если, например, генератор настроен сначала на частоту 465 кГц, а гетеродин приемника на частоту 465,5 кГц, то в телефонах будет прослушиваться сигнал частотой 500 кГц. При приближении катушки L1 к «mine» тональность сигнала в телефонах изменится. Это и послужит сигналом ее обнаружения. [1]

По данной схеме была разработана и изготовлена односторонняя печатная плата, смонтированы элементы, проведены настройка и тестирование готового прибора. Печатная плата представлена на рисунке 2.



*Рисунок 2. Печатная плата металлоискателя*

**Список литературы**

1. Васильев В. // Радио, 1978 – 7. – С. 53–54.

# РАЗРАБОТКА ПЕЧАТНОЙ ПЛАТЫ ДЛЯ СИГНАЛИЗАТОРА УРОВНЯ ВОДЫ

С.А. Ващенко

Semen.vashchenko@list.ru

Научные руководители: Науменко А.Д., ОГБПОУ «ТЭПК»  
Захарова Т.П., ОГБПОУ «ТЭПК»

Работа посвящена созданию печатной платы для устройства, сигнализирующего о наличии воды между входными гнездами. В случае, когда между ними появляется проводящая жидкость, динамик начинает издавать звук. Устройство может работать как от батарейки 4,5-9В, так и от сети 220В с использованием блока питания. Блок-схема разработанного устройства представлена на рисунке 1.

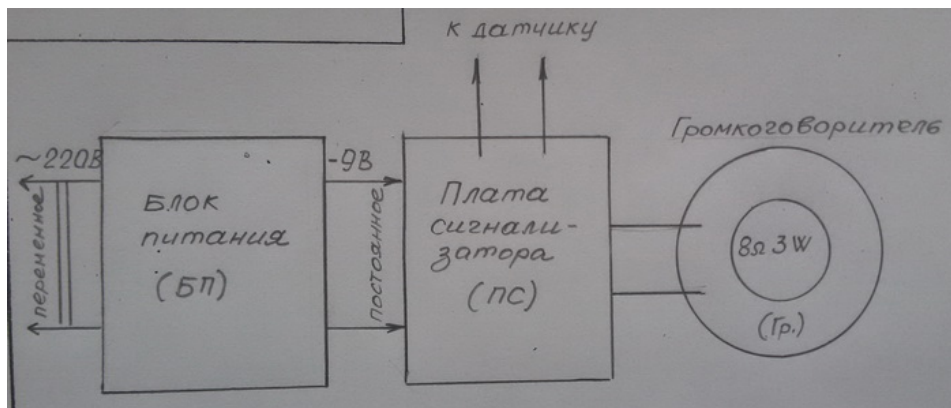


Рисунок 1. Блок-схема сигнализатора уровня жидкости

Прибор состоит из двух мультивибраторов, выполненных на логических элементах 2И-НЕ интегральной микросхемы Л176ЛА7, усилителя мощности на транзисторе VT1, динамической головки ВА мощностью 0,1...0,5 Вт с сопротивлением звуковой катушки не менее 8 Ом и датчика, подключаемого к входным зажимам XS1 и XS2. Принципиальная схема представлена на рисунке 2.

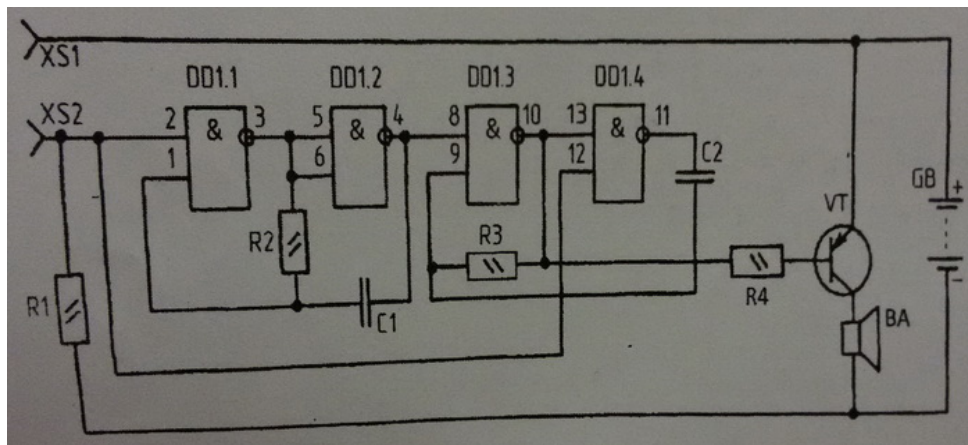


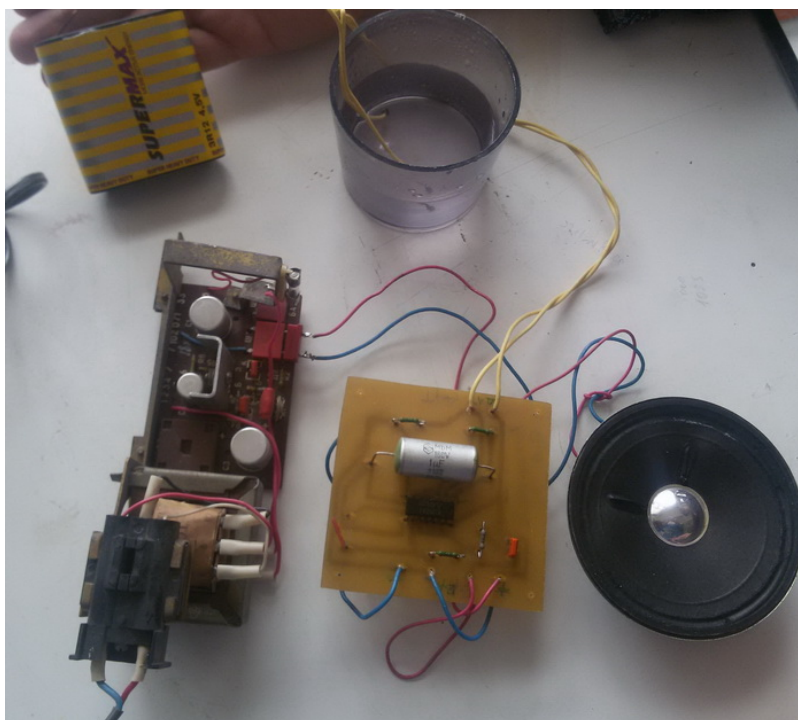
Рисунок 2. Электрическая принципиальная схема сигнализатора уровня воды

Первый мультивибратор выполнен на ЛЭ DD1.1 и DD1.2, а второй – на ЛЭ DD1.3 и DD1.4. Оба мультивибратора при разомкнутых входных гнездах XS1 и XS2 находятся в ждущем режиме. Но стоит только замкнуть эти гнезда проводником (вода), как положительный полюс батареи питания поступит на вывод 2 ЛЭ DD1.1 и первый мультивибратор перейдет в автоколебательный режим работы, генерируя чередующиеся во времени положительные и отрицательные импульсы с частотой



1...3 Гц, которые с выхода первого мультивибратора (с вывода 4) поступают на вход второго мультивибратора (на вывод 8). Импульсы положительной полярности переводят в автоколебательный режим работы второй мультивибратор, который, в свою очередь, начинает вырабатывать серии положительных и отрицательных импульсов, но следующих с более высокой частотой (от 200 Гц до 2 кГц) и поступающих через резистор R4 на вход усилителя мощности (базу транзистора VT1). При этом из динамической головки будет слышен звук, тональность которого определяется частотой электрических колебаний, вырабатываемых вторым мультивибратором. [1]

В данном устройстве необходимо применять ИМС К176ЛА7 с защитными диодами, соединяющими каждый вход ЛЭ с внутренними питающими шинами. Именно через эти диоды и подается положительный полюс батареи GB на «плюсовую» шину микросхемы при соединении входных гнезд.



*Рисунок 3. Сигнализатор уровня жидкости*

Разработанное устройство, представленное на рисунке 3, может быть полезно на даче, как сигнализатор наполнения водой бочки или ванны, а также как сигнализатор утечки стиральных и посудомоечных машин. Поскольку, когда датчик погружается в воду, динамическая головка издает звуковой сигнал. Устройство может быть также использовано как наглядное пособие при изучении проводимости различных жидкостей.

### **Список литературы**

1. Галкин В.И. Начинающему радиолюбителю / В.И. Галкин. – Минск : Польша, 1995. – 412 с.

# ИНТЕРАКТИВНОЕ ЗЕРКАЛО

В.Д. Елькин, Ю.С. Минина, Т.А. Кузьмин

Vovan962@rambler.ru

Научный руководитель: Мозгалева П. И., асс. каф. ОСУ НИ ТПУ

В настоящее время ценность информации сложно переоценить. Для удобной организации доступа к ней в любом месте и в любое время необходимы и удобны различные устройства. Стандартные устройства для получения информации, такие как компьютер, сотовый телефон, телевизор, за долгое время пользования доказали свою эффективность и удобство, однако не способны удовлетворить все способы получения информации. Поэтому совсем недавно некоторые компании цифровой индустрии занялись разработкой и внедрением нового гаджета для получения и передачи информации. К таким компаниям относятся: «Google», «Toshiba», «Smart Ltd», «Mirror-TV», «NTmedia», «Третье тысячелетие» и другие.

И гаджет этот – интерактивное зеркало. Несомненным достоинством этого гаджета является новизна идеи, интерактивный подход, гарантированный просмотр, большие возможности для улучшения и дополнения конструкции, огромный потенциал сфер применения, «вау»-эффект. Для создания устройства нет необходимости разрабатывать новые технологии или сложное программное обеспечение. Всё необходимое оборудование уже давно находится в производстве во множестве вариаций исполнения, поэтому изготовление устройства не потребует создания производственных линий для расходных материалов, а лишь сборочные линии. Поэтому данное устройство может быть доступно рядовым пользователям и быстро запущено в производство.

## Конструкция и принцип работы

Главным элементом системы являются монитор и подключенный к нему микрокомпьютер, на котором установлено необходимое для работы интерактивной части зеркала программное обеспечение. Перед экраном монитора находится зеркало с нанесенной полупрозрачной пленкой. Данная пленка по своим качествам приближена к обычному зеркальному покрытию, однако способна пропускать свет с обратной стороны. Для массового использования, например, в кафе и торговых центрах, в интерактивное зеркало может быть встроены возможность управления с помощью жестов или прикосновения. Для личного использования эти средства управления могут быть дополнены возможностью управления с помощью смартфона или планшета.

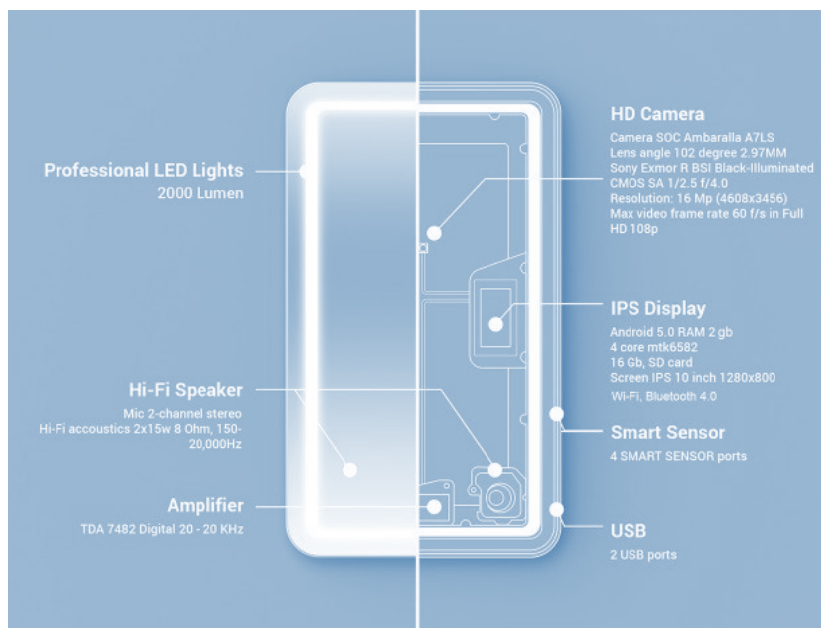


Рисунок 1. Концепт финальной версии устройства

На экран зеркала может выводиться различная информация:

- Рекламные объявления.
- Навигация по торговым центрам и музеям.
- Новостные и развлекательные ролики.
- Информация о погоде, времени, календарь событий и стикеры-напоминания.
- Воспроизведение музыки.

Создание гаджета включает два этапа. На первом этапе происходит подборка компонентов и написание программы для общего использования или специально под конкретный заказ. На втором этапе происходит сборка всех компонентов устройства и его калибровка и отладка.

### Ожидаемые результаты

В результате работы будет создано программное обеспечение и прототип интерактивного зеркала. Характеристики полученного прототипа будут схожи с характеристиками устройств некоторых конкурентов, однако выгодно отличаться от них ценой, что позволит использовать его и в домашних условиях, и в общественных местах. Сформированные в результате анализа устройств конкурентов наработки позволят создать линейку гаджетов, отвечающую большинству запросов целевой аудитории. На рисунке 1 представлен концепт финальной версии основной комплектации устройства.

Таблица 1. Сравнительный анализ характеристик

	Наше устройство	«Smart Ltd»	«NTmedia»
Компьютер	Raspberri pi model A	–	Core i5, 4 Gb RAM
Встроенная память	4 Gb		500 Gb
Размер зеркала, мм	500 × 400	550 × 935	738 × 445
Размер интерактивной поверхности, мм	360 × 300	550 × 935	738 × 445
Дополнительные функции	Аудиовыход, возможность установки WI-FI модуля	HD-камера, Hi-Fi динамики LED подсветка	WI-FI, LAN, USB
Цена, руб	8000	12000	180000

### Заключение

Интерактивное зеркало имеет перспективу стать конкурентоспособным устройством с большим потенциалом модернизации и использования. При грамотном развитии и должном спонсировании проект способен выйти на российский и международные рынки и занять свою нишу в сфере рекламы, умных гаджетов и в интернете вещей.

### Список литературы

1. Инженер Google создал «умное» зеркало на Android: [Электронный ресурс] // 4PDA. М., 2005-2016. URL: <http://4pda.ru/2016/02/04/273913/> (дата обращения: 28.03.2016).
2. Видео дня: технологичное «зеркало» Toshiba с функцией виртуальной примерочной [Электронный ресурс] // 3DNews - Daily Digital Digest. М., 1997-2016. URL: <http://www.3dnews.ru/907798> (дата обращения: 29.03.2016).
3. Smart Ltd представила селфи-зеркало [Электронный ресурс] // ВЕСТИ.RU. М., 1997-2016. URL: <http://www.vesti.ru/doc.html?id=2688241> (дата обращения: 30.03.2016).
4. Компания Mirror-TV.: [Электронный ресурс]. М., 2013-2016. URL: <http://www.mirror-tv.ru> (дата обращения: 28.03.2016).
5. Компания NT media.: [Электронный ресурс]. М., 2014-2016. URL: <http://www.ntmedia.ru> (дата обращения: 30.03.2016).
6. Российская компания начала внедрение интерактивных зеркал собственной разработки [Электронный ресурс] // Сделано у нас. М., 2010-2016. URL: <http://www.sdelanounas.ru/blogs/29101/> (дата обращения: 27.03.2016).

# LORRYVISION

О.Д. Звекон, Д.В. Бучацкий

zvekovoleg@mail.ru, dbuchckij@gmail.com

*Научный руководитель: П.И. Мозгалева, асс. каф. ОСУ, ИК, НИ ТПУ*

## Обоснование необходимости реализации проекта

Ежегодно на дорогах России гибнут десятки тысяч человек. А самые страшные аварии происходят на трассах, где автомобили движутся с большой скоростью. Отдельной проблемой является обгон грузового транспорта. Большинство междугородних трасс состоят из двух полос, по одной в противоположные стороны. И водителям для обгона приходится выезжать на полосу встречного движения. Это само по себе опасно. Но становится ещё опаснее, когда весь обзор закрывает грузовой автомобиль. Водители часто выезжают наугад и не успевают среагировать на движущуюся навстречу машину, что приводит к столкновениям (рис. 1).



*Рисунок 1. Лобовое столкновение, совершенное при обгоне*

Если бы водитель мог сам увидеть дорожную обстановку впереди грузового автомобиля, то смог бы безопасно совершить манёвр. Что значительно сократило бы количество подобных инцидентов, так как устранило бы саму причину их возникновения.

**Цель проекта:** создание устройства для облегченного обгона грузовых машин (фур) и для предотвращения опасности ДТП и смертности на дорогах. И в идеале – попытка внедрения законопроекта об обязательстве содержать LoggyVision в каждой машине для увеличения безопасности на дорогах.

Идея LoggyVision может завоевать популярность, в первую очередь, у водителей легковых машин, а также, возможно, и у водителей грузовых машин.

## Обзор аналогов устройства

В 2016 году компания Samsung Electronics представила свое решение рассматриваемой проблемы. Оно заключается в установке «видеостен» на дверях грузовой фуры. К сожалению, таким образом решить проблему в России не удастся. Высокая стоимость оборудования (стоимость такой «видеостены» начинается с 40000 рублей), погодные условия в России, отсутствие культуры внедре-

ния подобных идей, делает нежизнеспособным такое решение у нас в стране. Причем стоимость выходит на первый план. В нашей системе, самый дорогой компонент, это усилитель Wi-Fi сигнала. Его стоимость начинается с 1500 рублей. Разница в стоимости больше чем на один порядок. В масштабах страны, это ключевое преимущество нашего проекта. Разумеется, если принять, что функциональность решений находится на одном уровне. В связи с простотой конструкции, мы считаем, что имеет основание думать именно так.

### Принцип работы

Суть работы системы заключается в передаче сигнала с одного устройства на другое. (рис. 2) Промежуточно сигнал усиливается. Так как для работы системы сигнал только необходимо усилить, то не возникает проблем с кодировкой сигнала и с его частотой.

Машину легко оборудовать авторегистратором, его роль может выполнять даже мобильный телефон. Поэтому картинку того, что происходит перед грузовиком, мы получим с регистратора. И передавать её тоже будем на регистратор обгоняющего автомобиля. Такие авторегистраторы оборудованы Wi-Fi модулем, с помощью него сигнал поступает на приёмник в кабине грузовика. Затем он усиливается усилителем и направляется на узконаправленную антенну в кормовой части грузовика. На фуру антенна крепится на краю в дальней части фуры. Регистратор обгоняющего автомобиля принимает сигнал, и соответствующая программа сразу выводит изображение на экран.



Рисунок 2. Принципиальная схема устройства

### Развитие проекта

После технической реализации проекта планируем добиваться изменения законодательства, с тем, чтобы сделать установку систем, подобных LogyVision на все грузовые фуры. Это важно, потому что в реализации проекта заинтересованы главным образом водители легковых автомобилей. Для водителей грузовых автомобилей реализация нашего проекта не несет прямой выгоды. Поэтому важно обязать их устанавливать подобные системы законодательно.

# ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПРИНЦИПАЛЬНОЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ СХЕМЫ СТЕНДА НАСТРОЙКИ И ИЗУЧЕНИЯ ПИД-РЕГУЛЯТОРА

А.Т. Газизов

gazizov@tpu.ru

Научный руководитель: Тутов И.А., каф. ИКСУ ТПУ

## Введение

Регуляторы используются в системах автоматического управления для формирования управляющего сигнала с целью получения необходимых точности и качества переходного процесса [1]. Эти параметры определяют то, как быстро система входит в установившийся режим и насколько велики перерегулирования во время переходного процесса, что в конечном счете определяет качество получаемого продукта и затраты на его производство. Пропорционально-интегрально-дифференцирующий (ПИД) регулятор относится к наиболее распространенному типу регуляторов. Причиной высокой популярности является простота построения и промышленного использования, ясность функционирования, пригодность для решения большинства практических задач, и низкая стоимость [2]. Вместе с тем, не существует универсального метода настройки ПИД-регуляторов, а моделирование и теория часто не учитывают особенностей, порождаемых реальными условиями применения и технической реализации. В этом контексте, для студентов профильных специальностей является важным изучение ПИД-регуляторов на реальной элементной базе и приобретения опыта их «живой» настройки до столкновения с такими задачами на производстве. Для этого предлагается разработка учебного стенда для изучения ПИД-регулятора. В данной работе описано проектирование принципиальной электрической схемы на дискретных элементах для такого стенда.

Основная функция разрабатываемого стенда – изучение настройки ПИД-регулятора – заключается в возможности изменения значений пропорциональной, интегральной и дифференциальной составляющих ПИД-регулятора и одновременного наблюдения на осциллографе изменения переходной характеристики объекта управления (ОУ). Таким образом, стенд состоит из следующих частей: ОУ, охваченный с обратной связью, источник управляющего воздействия и ПИД-регулятор (рис. 1).

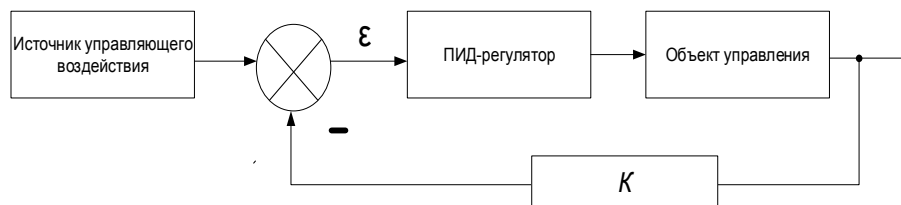


Рисунок 1. Блок-схема разрабатываемой системы

## Синтез передаточной функции ОУ

Первым этапом является синтез передаточной функции (ПФ) ОУ. Основным требованием к ПФ ОУ является близость к ПФ реальных ОУ, используемых в промышленности. Из этих соображений в качестве ПФ ОУ выбрано устойчивое звено 3-го порядка. Таким образом, ПФ ОУ стенда имеет вид:

$$W(s) = \frac{1}{a_3 s^3 + a_2 s^2 + a_1 s + 1}. \quad (1)$$

где  $s$  – комплексная переменная,  $a_3, a_2, a_1$  – коэффициенты, которые необходимо найти исходя из требований к переходному процессу. Переходный процесс ОУ должен характеризоваться ярко выраженной колебательностью (с перерегулированием  $\sigma = 50\text{--}80\%$ ) для демонстрации его последующего регулирования. Время переходного процесса  $t_{\text{пн}} = 40$  мс выбрано исходя из удобства наблюдения на осциллографе. Значения коэффициентов в (1) для соответствия требуемым значениям  $t_{\text{пн}}$  и  $\sigma$  выбираются по алгоритму [3], в котором коэффициенты (1) принимаются равными  $a_2 = T_2$ ;  $a_1 = 2\delta T$ , где  $\delta$  – декремент затухания,  $T$  – постоянная времени.

Задается выбранное время переходного процесса  $t_{\text{пн}}$  и значение  $\delta$ . Известно, что переходный процесс будет колебательным, если  $\delta < 0.5$ , поэтому берется несколько значений  $\delta = 0.1; 0.2; 0.3$ , откуда, по приближенному равенству находят значения  $T$ :  $T = \delta t_{\text{пн}}/3$ . Таким образом, для различных  $\delta$



определяются коэффициенты  $a_1$  и  $a_2$ . Для определения коэффициента  $a_3$  воспользуемся условием  $a_3 < a_2 \cdot a_1$  (2), которое не является строго достаточным условием устойчивости, но во многих случаях, для практических целей, используется для выявления устойчивых систем [2]. Соблюдая (2), найдем  $a_3$  по формуле:  $a_3 = a_2 \cdot a_1 / 10$ . Таким образом, для разных значений  $\delta$  получим три ПФ. Далее производится получение переходной характеристики полученных ПФ в пакете прикладных программ (ППП) MATLAB&Simulink (рис. 2). Из рис. 2 видно, что полученные ПФ имеют время переходного процесса, близкое к искомому  $t_{\text{ин}} = 40$  мс, и перерегулирование наиболее колебательного процесса не превышает 80 %. Таким образом, выбирается ПФ, имеющая наибольшую колебательность.

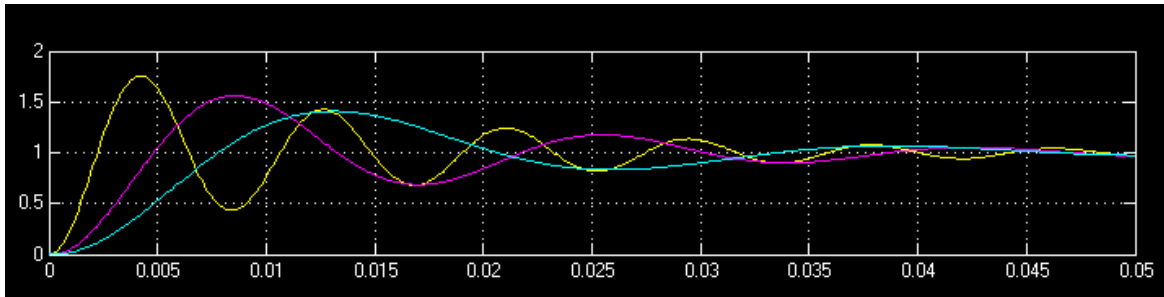


Рисунок 2. Переходные характеристики найденных ПФ. Масштаб: X – 5 мс /дел; Y – 0.5 ед /дел

Выбранная ПФ имеет вид:

$$W(s) = \frac{1}{4.74 \cdot 10^{-11} s^3 + 1.78 \cdot 10^{-6} s^2 + 2.67 \cdot 10^{-7} \cdot s + 1}. \quad (3)$$

### Синтез принципиальной схемы ОУ

Для реализации ПФ (3) на дискретных элементах и операционных усилителях произведем разложение (3) на сомножители первого и второго порядков:

$$W(s) = \frac{1}{2.676 \cdot 10^{-5} s + 1} \cdot \frac{1}{1.771 \cdot 10^{-6} s^2 + 2.399 \cdot 10^{-4} s + 1} = W_1(s) \cdot W_2(s). \quad (4)$$

ПФ каждого из полученных сомножителей можно реализовать по отдельности каскадами первого и второго порядков. Схема каскада первого порядка представляет собой простейшее апериодическое звено 1-го порядка на операционном усилителе. Схема каскада второго порядка представляет собой фильтр Баттерворта с топологией Саллена–Кея. Параметры компонентов находятся из условия тождественного равенства соответствующей ПФ из (4) и аналитического выражения для ПФ, взятого из литературы [4]. Фиксируя значения сопротивлений, находим значения конденсаторов. Принципиальная схема ОУ представлена на рис. 3.

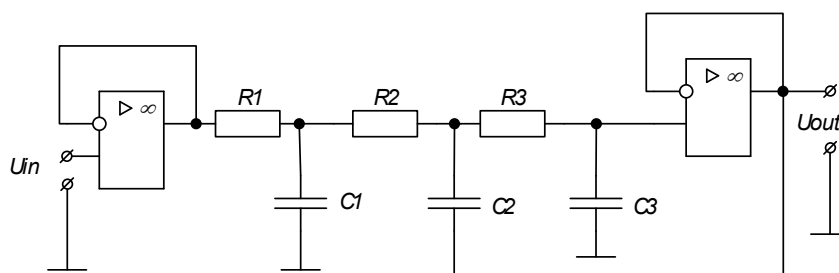


Рисунок 3. Принципиальная схема объекта управления

Найденные значения дискретных элементов округляются до номинальных (из стандартных рядов значений компонентов, выпускаемых промышленностью серийно) и выполняется моделирование ОУ в ППП Multisim (рис. 5): задается его схема и производится получение переходной характеристик ОУ. Полученный результат согласуется с полученным ранее моделированием в Simulink.

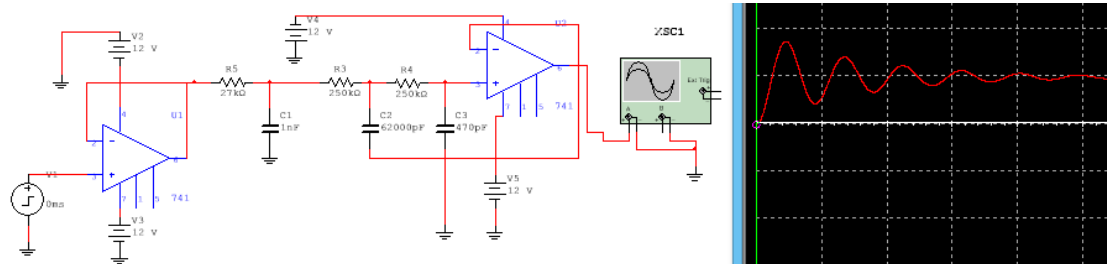


Рисунок 5. Принципиальная схема ОУ и его переходный процесс на выходе ОУ в Multisim.  
Масштаб: X – 10 мс/дел; Y – 1 В/дел

### Синтез схемы ПИД-регулятора

Согласно основной функции разрабатываемого стенда, необходимо иметь возможность наблюдать во времени изменение переходной характеристики ОУ в зависимости от значений пропорциональной, интегральной, и дифференциальной составляющих ПИД-регулятора. Для реализации этой возможности необходимо реализовать ПИД-регулятор на отдельных звеньях, соответствующих трем составляющим и просуммировать их выходные сигналы. При этом в каждом звене должен присутствовать элемент, позволяющий изменять данную составляющую. Разработанная схема ПИД-регулятора представлена на рис. 6. Пропорциональное, интегрирующее и дифференцирующее звенья, а также усиливающий сумматор реализованы на операционных усилителях. При этом, каждое из звеньев имеет в своем составе переменное сопротивление, которое будет использовано для настройки ПИД-регулятора в режиме реального времени. Номинальные значения элементов выбраны при моделировании в Multisim исходя из возможности обеспечения качественного регулирования системы, а также возможности вывода системы в неустойчивое состояние.

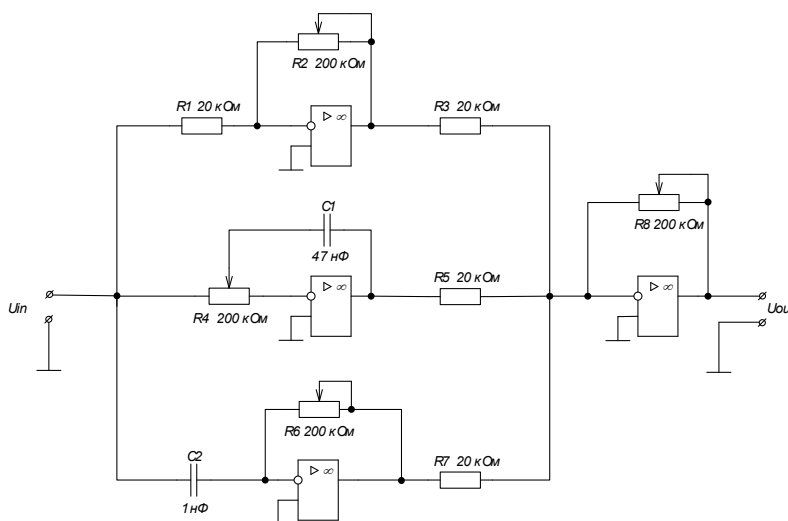


Рисунок 6. Принципиальная схема ПИД-регулятора

### Источник управляющего воздействия

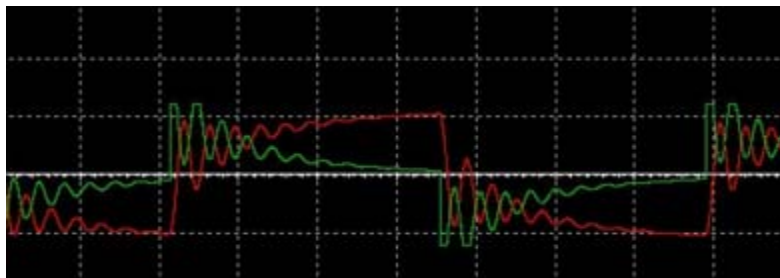
В качестве источника управляющего воздействия в стенде удобно использовать генератор импульсов прямоугольной формы – мультивибратор. Реализуемое им воздействие позволит периодически наблюдать переходный процесс на выходе ОУ. При этом необходимо выполнение условия, чтобы длительность импульсов генератора была в несколько раз больше длительности собственного переходного процесса ОУ ( $t_{\text{имп}} = 40 \text{ мс}$ ). С учетом этого синтезирована схема мультивибратора на операционном усилителе.

### Моделирование схемы

Описанные части системы соединяются по блок-схеме (рис. 1), где в качестве сумматора и одновременно коэффициента усиления обратной связи используется вычитающий усилитель на операционном усилителе. Полученная схема собирается в Multisim, вычисляется временной отклик объек-



та управления при различных коэффициентах составляющих ПИД-регулятора. Формы сигнала на выходе объекта управления и сумматора (ошибка управления) для одной из настроек ПИД-регулятора представлены на рис. 8.



*Рис. 8 Формы сигнала на выходе ОУ (красная кривая) и сумматора (зеленая кривая), полученные в Multisim. Масштаб: X – 20 мс/дел, Y – 10В/дел.*

### **Заключение**

В данной работе обосновано и предложено создание стенда для отработки навыков настройки ПИД-регулятора. Описаны подходы и функции. Представлены этапы проектирования принципиальных схем составных частей стенда.

### **Список литературы**

1. Малышенко А.М. Математические основы теории систем / А.М. Малышенко . – Томск : Изд-во Томского политехн. ун-та, 2004. – 334 с.
2. Денисенко В.В. Компьютерное управление технологическим процессом, экспериментом, оборудованием / В.В. Денисенко. – Москва : Горячая линия– Телеком, 2013 – 608 с.
3. Экспресс-анализ САР по ее передаточной функции // Сайт о моделировании систем и явлений. – URL: [http://model.exponenta.ru/bt/bt\\_00111.html](http://model.exponenta.ru/bt/bt_00111.html) (дата обращения: 07.04.2016).
4. Основы теории цепей : учебник для вузов / Г.В. Зевеке, П.А. Ионкин, А.В. Нетушил, С.В. Страхов. – 5-е изд., перераб. – Москва : Энергоатомиздат, 1989. – 528 с.
5. Горбачев Г.Н. Промышленная электроника : учебник для вузов / Г.Н. Горбачев, Е.Е. Чаплыгин ; под ред. В. А. Лабунцова. – Москва : Энергоатом-издат, 1988. – 320 с.

## СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ УЧЕБНО-ЛАБОРАТОРНОГО ПРОГРАММНО-АППАРАТНОГО КОМПЛЕКСА «ХИМИЯ В ШКОЛЕ»

А.В. Гераскевич, М.С. Лебедева

avg48@tpu.ru

*Научные руководители: Ларионова Е.В., к.х.н., доцент, каф. ЭБЖ ТПУ,  
Романенко Э.С., к.х.н., научный сотрудник каф. ЭБЖ ТПУ*

В настоящее время возникает потребность в новом, современном оборудовании для проведения лабораторных работ по химии в школах. Анализ материально-технического обеспечения школ показал, что значительное количество школьных кабинетов химии оснащено только химическими реактивами и минимумом лабораторной посуды. Данный факт, без сомнения, снижает качество обучения. Вследствие этого актуальной задачей является разработка универсальных лабораторных комплексов, обеспечивающих широкий спектр выполнения работ. Для решения поставленной проблемы научной группой Томского политехнического университета совместно с ООО «Универсальные образовательные технологии» был разработан учебно-лабораторный программно-аппаратный комплекс «Химия в школе» (УЛПАК «Химия в школе») [1].

Актуальность разработки УЛПАК «Химия в школе» обусловлена требованиями федеральных государственных образовательных стандартов к результатам освоения образовательной программы по химии, такими как приобретение учащимися опыта использования различных методов изучения веществ, владение основными методами научного познания, используемыми в химии (наблюдение, описание, измерение, эксперимент), умение обрабатывать, объяснять результаты проведенных опытов и делать выводы, а также готовность и способность применять методы познания при решении практических задач.

Комплекс способствует интенсификации процесса обучения, улучшению качества освоения теоретического материала и расширению практических навыков проведения физических и химических измерений. Концепция УЛПАК «Химия в школе» предполагает универсальное решение, предусматривающее не только выполнение демонстрационных экспериментов и проведение лабораторных работ с учащимися в рамках индивидуальных занятий, но и организацию фронтальных лабораторных и практических работ в соответствии с федеральным образовательным стандартом по химии. Однако для выполнения поставленных задач возникает необходимость создания методической базы, способной наглядно и точно проиллюстрировать все функции и свойства данного прибора, а также облегчить эксплуатацию устройства. Целью нашей работы является разработка и написание учебно-методического пособия, отвечающего заданным требованиям.

Методическое пособие должно содержать в себе не только теоретическую информацию по изучаемому разделу химии, но и детальное описание проведения лабораторных работ. Таким образом, в разработанном пособии учтены аспекты, способствующие пониманию изучаемого материала школьником, а также позволяющие сделать работу простой и увлекательной.

Для оптимизации процесса разработки методического пособия целесообразно разбить работу на несколько разделов, таких как разработка описания прибора и написание методических указаний к лабораторным работам.

В первой части работы рассмотрены внешнее устройство прибора (рис. 1), меню, а также описаны его базовые функции. УЛПАК «Химия в школе» представляет собой платформу, на которой находятся плитка для нагревания, держатель для колб, панели управления, на которой находится дисплей и кнопки управления. Слева от дисплея расположена кнопка включения. Сзади платформы расположены четыре входа для датчиков.

Вторая часть представляет собой непосредственное описание методик проведения нескольких лабораторных работ, разработанных для учащихся 8–11 классов. В данном методическом указании описаны такие работы, как «Гидролиз солей», «Свойства крахмала» и «Определение аммиака и ионов аммония (суммарно) в воде фотометрическим методом».

Разработанное методическое обеспечение будет способствовать применению комплекса в учебном процессе общеобразовательной школы, создаст новую ученико-ориентированную среду, позволяющую повысить степень усвоения программы по химии, как на уровне базового и профиль-

ного изучения предмета, так и на углубленном уровне с расширенными возможностями построения индивидуальной образовательной траектории учащихся.



*Рисунок 1. УЛПАК «Химия в школе»*

### **Список литературы**

1. Модернизация образования современными технологиями : учебно-лабораторный программно-аппаратный комплекс «Химия в школе» / С.В. Романенко, Э.С. Романенко, А.Г. Кагиров и др. // ИННОВАЦИИ. – 2014. – № 10 (192). – С. 41–43.

## РАБОТА И СТУДЕНТ ОЧНОЙ ФОРМЫ ОБУЧЕНИЯ

А.Д. Гурбан, Б.Р. Чойдонов

seager@scalpnet.ru buryatshono@gmail.com

Достаточно часто у студента в его студенческой жизни возникают вопросы, связанные с возможностью работать в то время, когда в вузе идут учебные занятия. Особенно это актуально для студентов, обучающихся по очной форме обучения, особенно для тех, кто учится на договорной основе, когда априори предполагается обучение в дневное время, в условиях отрыва от производства. Но также часто возникает и необходимость работать и иметь средства для оплаты своих каждодневных потребностей. Многие студенты находятся вдали от мест проживания, не могут рассчитывать на содержание родителей и в силу этого, вынуждены подрабатывать, даже в ущерб занятиям. В связи с этим возникает ряд вопросов: имеет ли право работодатель принять студента очной формы обучения работать на полную ставку, если время учебы и работы совпадают, документы необходимые для оформления при трудоустройстве? Кроме того, возникает вопрос и о гарантиях, предусмотренных трудовым законодательством, в отношении работников, являющихся студентами очной формы обучения.

П. 1 ст. 37 Конституции Российской Федерации гласит: труд свободен. Каждый человек имеет право свободно распоряжаться своими способностями к труду, может выбирать род деятельности и профессию [1]. Так же в трудовом законодательстве не содержится запрета на совмещение работы и учебы по очной форме. Согласно части, первой ст. 2 Трудового кодекса Российской Федерации (далее - ТК РФ) одним из принципов правового регулирования трудовых отношений является свобода труда, включая право на труд, который каждый свободно выбирает или на который свободно соглашается, право распоряжаться своими способностями к труду, выбирать профессию и род деятельности [2]. Также ТК запрещает дискриминацию труда. Чтобы реализовать свои трудовые права каждый человек имеет равные возможности, и никто не может быть в них ограничен, а также в свободах или в получении каких-либо преимуществ независимо от обстоятельств, которые не связаны с деловыми качествами работника. Ограничить право на труд можно только федеральным законом.

На основании заключения трудового договора, работодатель оформляет распоряжение (приказ) о приеме на работу; условия трудового договора должны соответствовать содержанию приказа (ст. 68 ТК РФ часть первая). Согласно унифицированной форме № Т-1 (утвержденной постановлением Госкомстата России от 05.01.2004 № 1) составляется приказ о приеме на работу [3]. В течение трех дней со дня начала работы работнику под роспись на основании ст. 68 части второй ТК РФ объявляется приказ работодателя о приеме на работу. Работник в праве требовать от работодателя выдачу ему надлежаще заверенной копии приказа о приеме на работу. Трудовую книжку при первичном трудоустройстве студента оформляет работодатель (ст. 65 часть четвертая ТК РФ). Также работодатель в течение семи дней со дня приема на работу в присутствии работника осуществляет оформление трудовой книжки работнику при первичном его трудоустройстве согласно п. 8 Правил ведения и хранения трудовых книжек, изготовления бланков трудовой книжки и обеспечения ими работодателей (утверждены постановлением Правительства РФ от 16.04.2003 N 225) [4]. Работодатель должен иметь в наличии бланки трудовых книжек и вкладышей в нее согласно (п. 44 Правил), поэтому работодатель самостоятельно предоставляет бланк трудовой книжки. Однако работодатель взимает с работника при выдаче трудовой книжки плату, соответствующую размеру расходов на ее приобретение (п. 47 Правил). Стоит отметить что, в соответствии со ст. 173 части второй ТК РФ работникам, которые обучаются по очной форме и совмещают работу с учебой в образовательных учреждениях высшего профессионального образования, которые имеют государственную аккредитацию работодатель должен предоставить отпуск без сохранения заработной платы на срок 15 календарных дней в учебном году в целях прохождения промежуточной аттестации, один месяц в целях сдачи итоговых государственных экзаменов и четыре месяца в целях подготовки и защиты выпускной квалификационной работы и сдачи государственных итоговых экзаменов. При этом ст. 287 часть первая устанавливает, что работодатель предоставляет такие гарантии по основному месту работы в случае получения первичного образования соответствующего уровня (ст. 177 часть первая ТК РФ). Признание права на индивидуальные трудовые споры и использование, при этом установленные федеральным законом способы их разрешения, включающие право на забастовки согласно п.4 ст. 37 Конституции РФ. Индивидуальные трудовые споры рассматривают суды и комиссии по трудовым спорам на основании ст. 382 ТК РФ. Следовательно, если в процессе учебы между студентом-работником и вузом,

либо между студентом - работником и работодателем возникнет спор по поводу того, что студент работает, а не присутствует на занятиях и по этой причине он отчислен, либо если работодатель уволил студента – работника по причине того, что он потребовал предоставить ему отпуск для сдачи сессии, то такое разногласие может быть разрешено правовым способом – посредством обращения в суд.

Таким образом, организация вправе нанять студента, который обучается на очной форме на полную ставку также и студент вправе совмещать работу и учебу по очной форме обучения одновременно. Защита его трудовых и образовательных прав при этом гарантируется законом.

#### **Список литературы**

1. Конституция Российской Федерации 1993 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru#/document/10103000/paragraph/14366:0> – 15.06.2016
2. Трудовой кодекс Российской Федерации от 30 декабря 2001 г. N 197-ФЗ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru#/document/12125268/entry/2:1> – 15.06.2016
3. Постановление Госкомстата РФ от 5 января 2004 г. N 1 «Об утверждении унифицированных форм первичной учетной документации по учету труда и его оплаты» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru#/document/12134807/paragraph/1:3> – 15.06.2016
4. Постановление Правительства РФ от 16 апреля 2003 г. N 225 «О трудовых книжках» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://ivo.garant.ru#/document/12130601/paragraph/12942:0> – 15.06.2016

# МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ПЛАТА РАСШИРЕНИЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ НАВЫКОВ ПРОГРАММИРОВАНИЯ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ НА БАЗЕ ARDUINO

В.А. Рачис, Д.И. Пташник

Прокопюк С.Ю., магистрант ТПУ

## Введение

Микроконтроллер – микросхема, предназначенная для управления электронными устройствами. Это однокристальный компьютер, способный выполнять простые задачи. [1]

Arduino – платформа для проектирования электронных устройств, взаимодействующих с окружающей средой при помощи специальных датчиков. [2]

## Проблема

При изучении основ работы с платформой Arduino у начинающих возникают сложности с подключением некоторой периферии, так как она требует внедрения в схему дополнительных элементов, например, резисторов или диодов. Кроме этого стоит заметить, что на Arduino мало выходов питания и общей шины, которые требуются почти для каждого устройства.

## Существующие решения

Во-первых, использование макетной платы. Однако, несмотря на то, что она облегчает подключение питания и удобнее располагает выходы для коннекторов, основной проблемы макетные платы не решают, так как в схему нужно включать микроэлементы.

Во-вторых, использование плат расширения (шилдов), которые имеют специальные выходы для коннекторов. Но иногда приходится подключать несколько таких плат, и когда их количество доходит до четырёх, то можно столкнуться с некоторыми проблемами:

- некоторые шилды могут конфликтовать, так как они используют одинаковые выходы;
- могут не иметь коннекторов для подключения к ним сверху ещё одной платы;
- иногда шилдами невозможно пользоваться, ведь их разъёмы закрыты верхними платами.

## Собственное решение

Решить все указанные ранее проблемы можно созданием платы, содержащей схемы подключения большинства стандартных типов устройств. Каждое устройство можно будет вставить в специальный разъем. Модуль собирается из шести плат в параллелепипед и подключается к Arduino Mega 2560 (рис. 1).

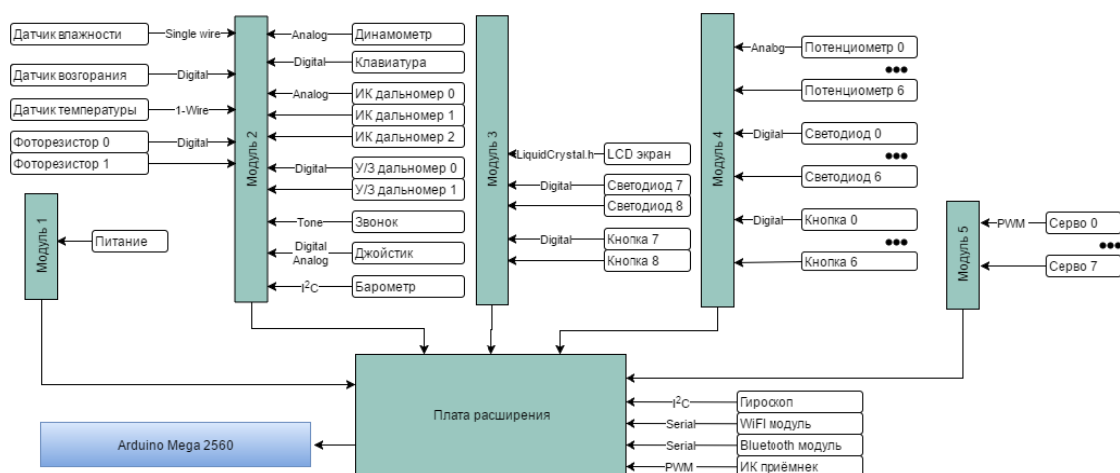


Рисунок 1. Схема подключения датчиков

На схеме представлены:

- типы и количество устройств, которые можно будет подключить;

- протоколы, по которым датчики передают данные;
- схема подключения разъёмов для датчиков к платам.

Основными наиболее часто используемыми типами устройств являются датчики температуры, влажности, давления, веса, расстояния, света, джойстики, зумеры, сервоприводы, светодиоды и другие. Они подключаются по протоколам I<sup>2</sup>C, OneWire, Serial, а также через аналоговые и цифровые порты по частным протоколам. Также, несколько рассматриваемых датчиков используют I<sup>2</sup>C и дополнительный цифровой порт. Таким образом, требуется предоставить набор цифровых входов-выходов вместе с питанием и общей шиной для светодиодов и кнопок. Требуется набор портов для подключения по OneWire и I<sup>2</sup>C протоколов, аналоговые входы, ШИМ-порты для управления сервоприводами и плата силового питания для них. Кроме этого есть встроенные Bluetooth, Wifi, Ir модули, гироскоп, кнопки, светодиоды и LCD экран.

Также для пользования распределительным модулем будет написана библиотека, в возможности которой будут входить принятие данных с датчиков, а также управление остальной периферией. Такая библиотека облегчит программирование, так как несколько строчек модно будет записать как одну команду, например, семь строчек для получения данных с ультразвукового датчика будет заменены «a = UltrasonicGet()».

Таким образом, итоговая разработка решает не только проблему подключения, но и облегчает написание кода. Возможно не только без труда подключить различные устройства к Arduino, но и легче программировать.

### Список литературы

1. Попов Е.П. Основы робототехники: Введение в специальность / Е.П. Попов, Г.В Письменный. – Москва : Высшая школа, 1990. – 224 с.
2. Что такое Ардуино? // Аппаратная платформа Arduino. – URL: <http://arduino.ru/About> (дата обращения: 17.03.2016).

# РАЗРАБОТКА ВИРТУАЛЬНОЙ ЛАБОРАТОРНОЙ РАБОТЫ «ИЗУЧЕНИЕ ПРЯМОЛИНЕЙНОГО ДВИЖЕНИЯ ТЕЛ НА МАШИНЕ АТВУДА»

В.Ю. Савицкий, А.А. Рюмкин

svu@2i.tusur.ru, rumsterrt@gmail.com

Научный руководитель: Романенко В.В., к.т.н., доцент ТУСУР

Внедрение современных технологий - залог процветание образовательного учреждения. Одним из направлений таких внедрений являются интерактивные средства обучения. Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники (ТУСУР) не исключение. В ТУСУР активно занимаются разработкой виртуальных лабораторных работ (ВЛР) и практикумов.

Данная статья описывает разработку ВЛР «Изучение прямолинейного движения тел на машине Атвуда» с использованием системы дистанционного обучения Moodle [1].

Целью работы является изучение закона прямолинейного ускоренного движения тел под действием сил земного тяготения с помощью машины Атвуда.

Студентами очной формы обучения лабораторная работа выполняется на специальной лабораторной установке, так называемой машине Атвуда. Машина (рис. 1) состоит из вертикальной стойки (1) на которой крепиться легкий блок (2), через который перекинута нить (3) с грузами (4), имеющими одинаковую массу. В верхней части стойки находится электромагнит, удерживающий блок, не давая ему вращаться. На среднем кронштейне (5) закреплен фотодатчик (6). На корпусе кронштейна расположена риска, совпадающая с положением оптической оси фотодатчика. Начальное и конечное положение грузов определяется с помощью миллиметровой линейки (7). Измерение времени прохождения грузом фотодатчика выполняет миллисекундомер (8). Студент может перемещать кронштейн и грузы для проведения различных измерений.

Принцип работы машины Атвуда заключается в том, что когда на концах нити висят грузы одинаковой массы, то система находится в положении безразличного равновесия. Если на правый груз положить перегрузок, то система грузов выйдет из состояния равновесия и начнет двигаться.

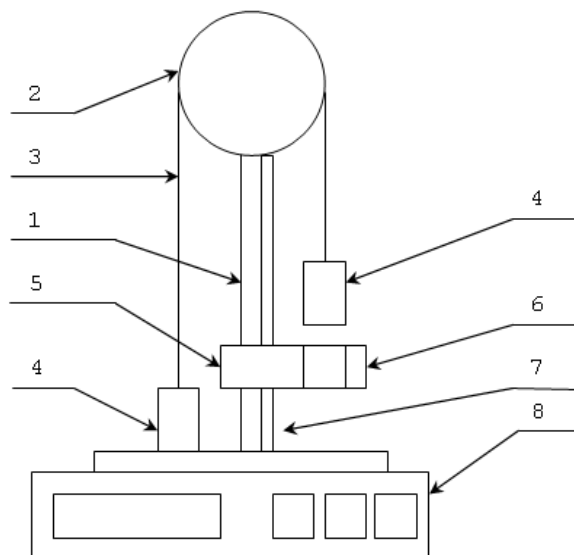


Рисунок 1. Схема Машины Атвуда

Все этапы выполнения лабораторной работы, начиная от изучения теоретического материала и прохождения входного контроля и выходного контроля, были возложены на систему дистанционного обучения Moodle. Выполнение экспериментальной части было возложено на специальный модуль, разработанный в среде Unity3D [2].

В пакете программ для трехмерного моделирования Blender [3] была создана трехмерная модель машины Атвуда (рис. 2) и анимированы интерактивные элементы установки.



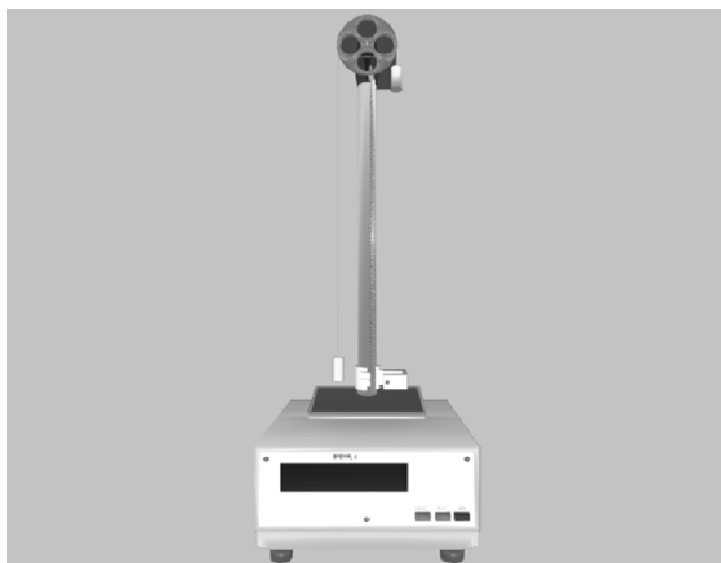


Рисунок 2. Трехмерная модель машины Атвуда

После этого трехмерная модель установки была помещена в среду Unity. В данной среде была описана логика поведения установки, а также создан интерфейс ВЛР. Пользователь может интерактивно взаимодействовать с элементами установки, осуществляя перемещение среднего кронштейна и грузов, нажатие кнопок миллисекундомера. Значения начального и конечного положений отображаются в специальных окнах, расположенных в левой части окна выполнения лабораторной работы (Рис. 3), на левом окне отображается положение риски среднего кронштейна, на правом – положение правого груза машины Атвуда.



Рисунок 3. Окно выполнения эксперимента

В процессе выполнения ВЛР, студент может перейти в режим знакомства с оборудованием, в котором содержится описание каждого элемента установки. Взаимодействие с установкой выполняется с помощью курсора мыши, при клике на элемент установки появляется его описание и фотография.

### Список литературы

1. Анисимов А.М. Работа в системе дистанционного обучения Moodle. – Харьков : изд-во ХНАГХ, 2009. – 292 с.
2. Goldstone W. Unity Game Development Essentials. – Packt Publishing Ltd, 2009. – 302 с.
3. Кибешов И.В., Мяндина Г.И., Лукьянова Е.А., Проценко В.Д. Создание электронных учебных пособий на основе трехмерных моделей, созданных с помощью программы Blender. // Электронный научно-образовательный вестник «Здоровье и образование в XXI веке», выпуск 10, том 10. – изд-во Некоммерческое партнерство "Сообщество молодых врачей и организаторов здравоохранения, 2008.

# СОЗДАНИЕ ИТ-ЛАБОРАТОРИЙ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКОГО ПРОФИЛЯ НА БАЗЕ ПРОГРАММНОГО ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО КОМПЛЕКСА RASTRWIN

Е.Г. Сема, Н.С. Фроленко

s.ketty@mail.ru

*Научный руководитель: Толстихина Л.В., кандидат технических наук, доцент,  
Саяно-Шушенский филиал СФУ*

Современные информационные технологии все больше внедряются в образовательный процесс. Прогресс в области информатизации привел к изменению форм предоставления образовательных услуг. В связи с этим повышение эффективности образования невозможно без внедрения и использования новых форм обучения.

Реальное производство требует от выпускников ВУЗов не только теоретических знаний, но и практических умений и навыков, как при работе с документацией, основным энергетическим и электрическим оборудованием, так и с программным обеспечением. В связи с этим программы подготовки инженеров требуют усовершенствования и адаптации к реальным условиям производств.

Подготовка будущих специалистов электроэнергетической отрасли направлена на принятие оперативных, технически грамотных и обоснованных решений с использованием ИТ-технологий.

Качественная работа возможна только при наличии персонала, способного использовать современный программный комплекс.

В образовательном процессе возникает проблема недостаточного уровня подготовки студентов относительно требований современного производства. Это требует внедрения инновационных методик обучения. Рассмотрим данную проблему в рамках направления 140400.62 «Электроэнергетика» по профилю «Гидроэлектростанции». Среди прочих дисциплин подготовки наиболее важными являются:

- «Электроэнергетические системы и электрические сети»;
- «Электрические станции и подстанции»;
- «Электроснабжение»;
- «Переходные процессы в электроэнергетических системах»

Внедрение программно-вычислительных комплексов (ПВК) является одним из инструментов подготовки кадров. К таким ПВК относится RastrWin. Данный современный ПВК позволяет повысить подготовку будущих специалистов и готовность решать инженерно-технические задачи.

Достоинствами данного ПВК являются:

- удобный и понятный интерфейс;
- возможность графического отображения;
- русскоязычный интерфейс;
- бесплатная студенческая лицензия;
- возможность расчета режимов с использованием различных алгоритмов;
- возможность применения макросов для создания формул;
- возможность импорта и экспорта информации в Excel файл.

В настоящее время в службах ГЭС, а так же энергосбытовых организациях, ЦДУ, РДУ, ОДУ эксплуатируется программно-вычислительный комплекс RastrWin, что автоматически снимает проблему недостаточного уровня подготовки студентов. Общий список предприятий, которым предоставляется данный ПВК, насчитывает 260 компаний [4].

Лабораторное занятие проходят в виде «игры» с распределенными ролями между членами группы.

В рамках такого занятия выделяются следующие роли:

1. Инструктор.
2. Главный инженер.
3. Ведущий инженер.
4. Персонал.

Некоторые роли могут быть совмещены, а именно, роль «Инструктор» и «Главный инженер» может выполнять преподаватель, а также роль «Главный инженер» может выполнять один из студентов. Роли «Ведущий инженер» и «Персонал» выполняются студентами и могут быть совмещены.

Обязанности ролей:

1. Инструктор управляет запуском и остановкой модели энергосистемы, определяет комплект схемы и сценарий режима. Следит за должным исполнением своих ролей студентами и дисциплиной на занятии;

2. Главный инженер отвечает за состояние энергосистемы в целом; изменяет состояние энергосистемы, отдавая команды подчиненным. В его подчинении находятся «Ведущий инженер» и «Персонал»;

3. Ведущий инженер отвечает за состояние отдельной подстанции; изменяет состояние подстанции, отдавая команды подчиненным. В его подчинении находится «Персонал»;

4. Персонал выполняет переключения по команде «Ведущего инженера».

В практическом занятии участвует группа студентов составом от 2 до 3 человек.

Роли, в зависимости от количества человек, распределяются следующим образом:

1. В группе назначается «Главный инженер»;

2. За каждым из оставшихся студентов закрепляется подстанция, и присваиваются роли «Ведущий инженер» и «Персонал» каждому из них;

3. Если студентов меньше чем подстанций, то последние распределяются так, чтобы под управлением находились наиболее крупные подстанции. Оставшиеся подстанции поступают под управление «Инструктора», а режим и события в системе выбирается таким образом, чтобы избежать воздействия на эти подстанции.

До лабораторного занятия допускается группа студентов предварительно прошедшая инструктаж и изучившая обязанности каждой роли.

Рассмотрим пример лабораторного занятия. Считаем, что в группе 3 студента. «Инструктором» назначается «Главный инженер». В схеме 5 подстанций (схема представлена ниже на рисунке 1), поэтому «Инструктор» закрепляет за двумя оставшимися студентами наиболее крупные подстанции «Ивановка» и подстанция «Раздольное». Оставшиеся три подстанции поступают под управление «Инструктора». Таким образом, один студент выполняет роль «Главного инженера», оставшиеся два студента выполняют роли «Ведущий инженер» и «Персонал». Распределив студентов по подстанциям, «Инструктор» рассаживает их за рабочие места, затем запускает модель.

Допустим по сценарию надо рассчитать установившейся режим электроэнергетической системы.

Расчет производится по следующим этапам:

1. «Ведущий инженер» составляет схему замещения существующей сети (либо представленной «Инструктором» для обучения) путём объединения схем замещения элементов сети; а также производит расчёт параметров элементов электроэнергетической системы. При составлении схемы замещения можно опустить выключатели, разъединители, заземлители и ШР;

2. «Главный инженер» проверяет правильность расчёта параметров, даёт разрешение на запуск программы и внесение данных в таблицы: «Узлы» и «Ветви»;

3. «Ведущий инженер» вносит все параметры в поля таблиц (номера узлов, ветвей, напряжения в точках системы, сопротивления линий и трансформаторов, коэффициенты трансформации и пр.) и составляет схему потокораспределения. Предоставляет полученные результаты работы программы «Главному инженеру»;

4. «Главный инженер» принимает решение о допустимости или недопустимости использования данной схемы. И при необходимости принимает решение о необходимости переключений на подстанциях;

5. «Персонал» производит переключения на подстанциях;

6. «Ведущий инженер» вносит изменения в ПВК RastrWin и производит перерасчет;

7. «Главный инженер» утверждает схему потокораспределения;

8. В конце лабораторного занятия «Инструктор» выставляет оценку каждому студенту группы.

RastrWin активно применяется при выполнении лабораторных работ, практических занятиях, курсового и дипломного проектирования по дисциплинам «Переходные процессы в электроэнергетических системах», «Электроэнергетические сети и системы». На базе Саяно-Шушенского филиала СФУ преподавательским составом с привлечением студенческих сил уже разработаны пакеты программ и методические пособия по вышеприведенным дисциплинам, а так же в процессе разработки находятся программы по дисциплине «Электрооснабжение».

По стоимости наиболее экономично использовать RastrWin, по сравнению с лабораторным стендом. К примеру, стоимость комплекта типового лабораторного оборудования «Переходные процессы в электроэнергетических системах» ЭЭ1-ППЭС-С-К (стендовое исполнение с компьютером)

составляет 919500 рублей. Студенческая лицензия RastrWin предоставляется разработчиками бесплатно.

Студенческая лицензия позволяет работать с любой схемой объемом до 60 узлов без ограничений. Это позволяет самостоятельно изучать ПВК RastrWin и использовать набор его функций для небольших моделей, что очень удобно при обучении и выполнении дипломных и курсовых работ. В образовательном процессе используется RastrWin (ОО «Фонд кафедры АЭС им. Д.А. Арзамасцева» г. Екатеринбург), который позволяет решать поставленные задачи эффективнее, чем зарубежные аналоги.

В данном формате реализуются не только лабораторные, но и профильные лаборатории в Саяно-Шушенском филиале СФУ на базе ПВК. ПАО «РусГидро» приобретает ПВК RastrWin, поэтому в филиале поставлена задача приблизить подготовку выпускников данного филиала к условиям производства. Практика показывает, что требуется обучение сотрудников ГЭС, ГАЭС работать в данном комплексе. Выпускники филиала владеют расчетами в ПВК RastrWin установившихся режимов, переходных процессов, статической и динамической устойчивостью применительно к реальным ЭС Сибири и Дальнего Востока.

Работа по созданию таких лабораторий ведется не первый год. Первое упоминание о применении RastrWin в образовательном процессе Саяно-Шушенского филиала СФУ относится к 2011 г. С докладом на конференции в ТПУ выступал (тогда еще студент 4 курса) Пузырев. Идея применения данного ПВК была подана инженером службы режимов Хакасского РДУ, данное предложение было обсуждено и согласовано с ведущими специалистами СШ ГЭС, т. к. СШ ГЭС является учебно-производственной базой данного филиала. После чего начался длинный процесс внедрения ПВК. В настоящий момент в образовательных процессах требуется 30 % ИТ-лабораторий от общего объема.

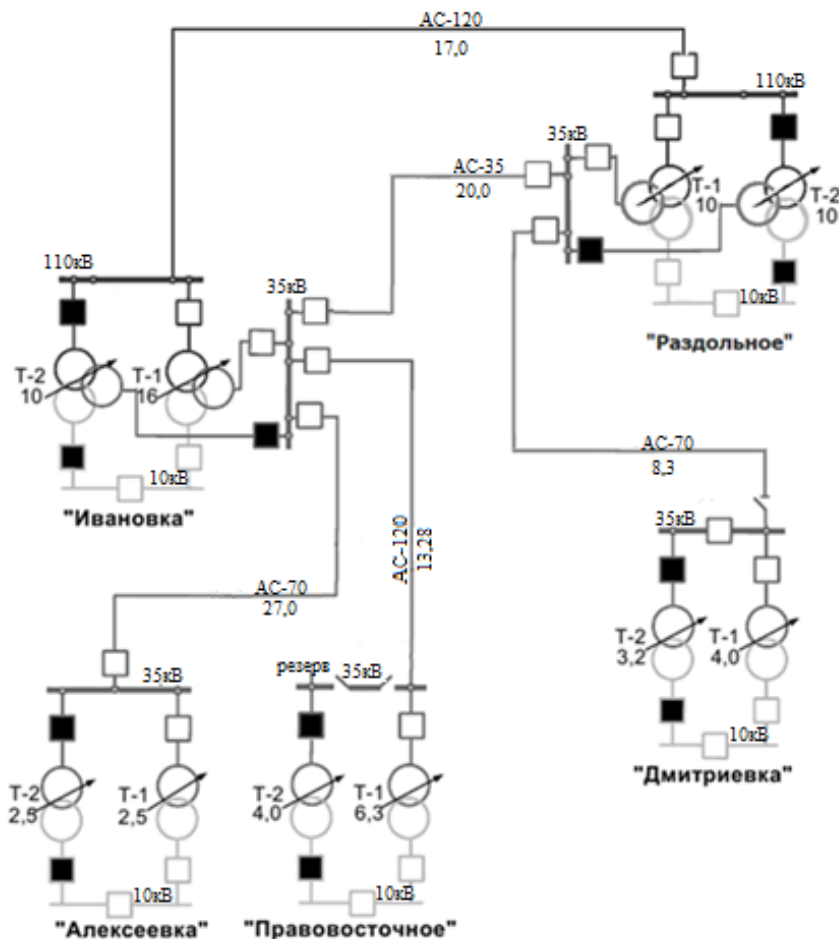


Рисунок 1. Схема учебной электроэнергетической системы

## **Выводы**

1. Будущие специалисты приобретают устойчивые навыки работы в ПВК RastrWin по расчёту режимов ЭС.
2. Выполнение лабораторных работ в ПВК RastrWin позволяет самостоятельно производить анализ результатов расчета.
3. Внедрение программного комплекса позволяет расширить диапазон решаемых задач в образовательном процессе, а также усилить уровень подготовки выпускников Саяно-Шушенского филиала Сибирского федерального университета для компании ОАО «РусГидро».

## **Список литературы**

1. Неумин Владимир Геннадьевич, Машалов Евгений Владимирович, Александров Александр Сергеевич, Багрянцев Алексей Александрович. Программный комплекс «RastrWin3» Руководство пользователя, 2012. – 243 с.
2. Идельчик В. И. Электрические системы и сети : учебник для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1989. – 592 с: ил.
3. Толстихина, Л.В. Параметры электрооборудования и режимы электроэнергетических систем в примерах и иллюстрациях: учебное пособие для практических занятий / Л.В. Толстихина. – Саяногорск : Сибирский федеральный университет; Саяно-Шушенский филиал, 2010. – 180 с.
4. Программные комплексы RastrWin, Bars, Lincor, Rustab, RastrKZ, RastrMDP. – URL: <http://www.rastrwin.ru> (дата обращения: 04.03.2016).

# АППАРАТНЫЙ SCADA ТРЕНАЖЕР ДЛЯ ОБУЧЕНИЯ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОИЗВОДСТВ

Д.П. Стариков, Е.А. Рыбаков

dstarikov@me.com

*Научный руководитель: Малышенко А.М., д. т. н., профессор, ТПУ,  
Зелзеев А.Г., ведущий инженер, ОАО «ТомскНИПИнефть»*

## Введение

Развитие автоматизированных и автоматических систем управления нефтегазового производства с течением времени будет происходить с учетом следующих тенденций:

- укрупнение систем (в связи с удешевлением контроллерного, сенсорного и другого оборудования, составляющего АСУ ТП (автоматизированную систему управления технологическим процессом));
- увеличение объемов информации (с ростом систем и точек контроля и управления объемы обрабатываемой информации возрастает в разы);
- повышение уровня автоматизации (переход к перспективному классу автоматизации на многих объектах ОАО НК Роснефть с целью повышения качества регулирования и энергоэффективности производства);
- кадровые проблемы (будут возникать так называемые феномены «седых волос», когда на месте оперативного персонала остается большое количество людей пожилого возраста из-за отсутствия молодых кадров);
- удаленное управление (контроль технологических установок объектов нефтеподготовки в не непосредственно из операторной объекта, а находясь в центральном диспетчерском пункте (ЦДП) или в офисе компании).

Все перечисленные тенденции без должной реакции Заказчика потребует больших трудозатрат от оперативного персонала в части контроля оборудования и режимов работы установок, а также при отработке аварийных и нештатных ситуациях.

Нештатная ситуация – нарушение в процессе производства, отклонение режима от нормального состояния. По статистике около половины нештатных ситуаций на промышленных производствах – вина оперативного персонала (некорректные действия по предупреждению изменяющегося режима, медленное время реакции и т. д.).

С учетом приведенных тенденций развития систем становится очевидным, что доля операторских ошибок может существенно вырасти. Целью данной работы является улучшение навыков оператора для повышения безопасности эксплуатации промышленных объектов. Для этого необходимо решить ряд задач, которые в общем случае сводятся к:

- выработке максимально быстрого восприятия информации (в частности режима технологического процесса);
- выработке правильной реакции по устранению и предупреждению нештатной или аварийной ситуации.

Одним из решений поставленных задач может служить тренажер оператора. Тренажер, симулирующий нештатную ситуацию позволяет повышать навык оператора по предупреждению нештатных ситуаций, ускорять реакцию на возникающие предупреждения. На рисунке 1 приведен график зависимости навыков оператора от времени.

На рисунке 1 красным показана зависимость навыков оператора без тренировок. Очевидно, что, после вводного тренинга и в отсутствие аварийных и нештатных ситуаций оперативный персонал начнет забывать действия, направленные на противодействие авариям. Основной документ для оператора – инструкции и технологический регламент, но в условиях большого потока информации найти нужную инструкцию, не имея представления о возникающей ситуации может быть затруднительно.

Зеленым показан график зависимости навыка оператора от времени с постоянной тренировкой. Видно, что имитация нештатных ситуаций в таком случае позволяет поддерживать уровень осведомленности персонала на достаточно высоком уровне.

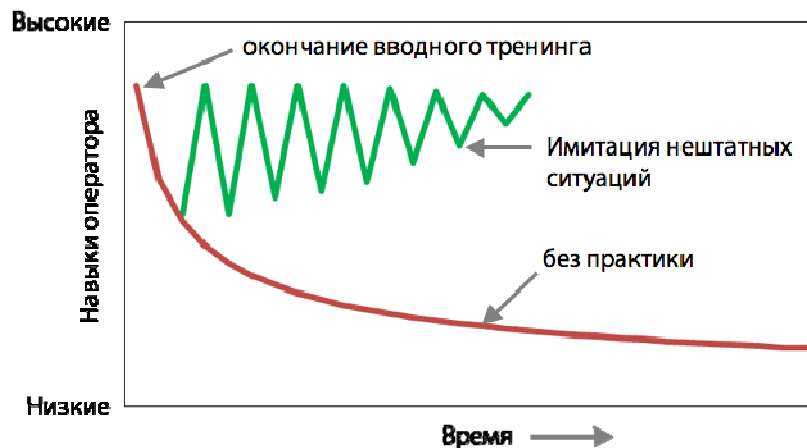


Рисунок 1. Зависимость навыков оператора от времени без практики и с имитацией нештатных ситуаций

### Основная часть

В составе рабочей документации (РД) ТомскНИПИнефть предоставляет Заказчику текстовое описание основных алгоритмов регулирования и контроля и эскизы мнемосхем оператора.

Технически микроконтроллер на базе процессора AVR содержит в себе программный код, эмулирующий связь по протоколу OPC (OLE for Process Control), совместимый с большинством известных SCADA пакетов, модель объекта, представленную формализованными зависимостями, которые формируют тэги сигналов. Поэтому при подключении такого контроллера с помощью USB к ПК будет возможно получать изменение модели в виде тэгов в реальном масштабе времени. При связи тэгов с реальной экранной формой SCADA системы можно получить реально работающую модель, управлять технологическими режимами которой можно будет, не используя реальное оборудование, т.е. симулируя.

В связи с тем, что контроллер подключается посредством USB он может быть подключен к любой рабочей станции, будь то АРМ или простой ноутбук со специальным ПО (SCADA и OPC).

При использовании такого тренажера Заказчик получает модель будущего объекта, для которого разрабатываются проектные решения. Оперативный персонал будет тренироваться, используя один и тот же интерфейс (без ухода в абстрактные модели). Это позволит раньше вовлекать сотрудников в работу: параллельно с учебным процессом в институте дополнительного образования. Такой подход позволит сэкономить около полутора месяцев на вовлечение оператора в работу, а также повысить эффективность персонала в период эксплуатации.

На данный момент разработана модель и видеокادر, позволяющий тренировать оператора по сценарию «Переполнение резервуара». Алгоритм работы схож с реальными действиями оператора на аналогичной технологической установке. Здесь при нажатии на кнопку «Запуск тренажера» уровень в резервуаре начинает непрерывно расти. Оператор должен успеть отреагировать, причем правильным образом (в данном случае выбрать верную электроприводную арматуру для прекращения потока жидкости и дальнейшего опорожнения резервуара). Даже на данном мнемокadre содержится 25 задвижек, воздействие на которые оказывают или не оказывают влияние на уровень жидкости в резервуаре. На рис. 2 приведен упрощенный внешний вид мнемокadre в бесплатном SCADA-пакете.

Преимущества исполнения в виде аппаратной платформы и конкретно предложенного решения следующие:

- полное моделирование (в контроллере содержится модель объекта, предусмотренная технологией на объекте Заказчика);
- экономия времени (при первоначальной подготовке персонала, при проверке навыков операторов);
- открытая структура (дополнять модель и добавлять новые тэги можно без перекомпилирования основного кода контроллера, что удобно при дополнении точек контроля или в случае корректировки технологического регламента);
- совместимость с большинством известных SCADA – пакетов (данное ПО входит в обязательный комплект поставки оборудования на объект).

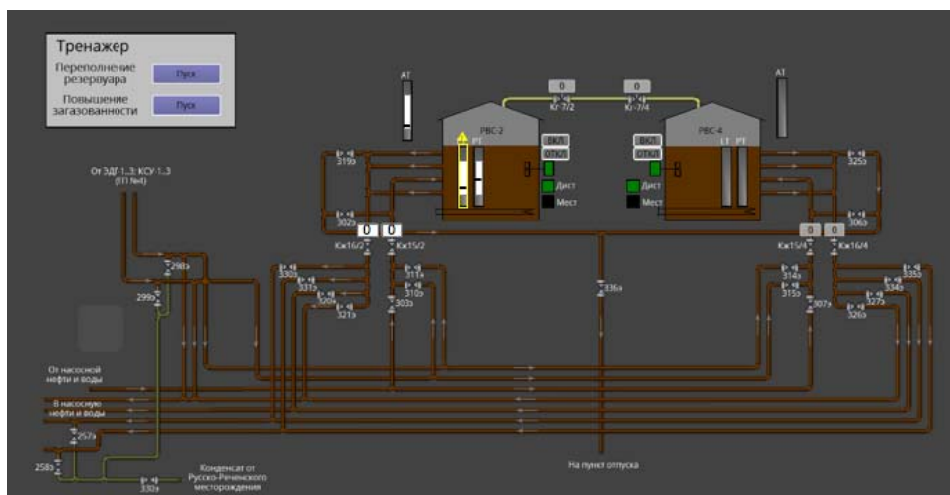


Рисунок 2. Внешний вид операторского интерфейса

Внешний вид контроллера приведен на рисунке 3.



Рисунок 3. Внешний вид микроконтроллера с логотипом ТомскНИПИнефть

### Эффект внедрения тренажера

Эффект от внедрения оценен со стороны предлагающей стороны (ТНИПИ) и Заказчика (ДО НК Роснефть). Для ТНИПИ это:

- увеличение трудозатрат сотрудников за счет увеличения объемов работ;
- привлечение средств (ориентировочная стоимость тренажера с сопроводительной документацией и прикладными алгоритмами составляет 2000 тыс. рублей, что все равно меньше, чем схожие решения, описанные выше);
- развитие Центра Компетенций на базе ТомскНИПИнефть.

Для Заказчика:

- сокращение затрат на обучение персонала, а также на потери в результате некорректных действий персонала;
- экономия времени при подготовке кадров;
- снижение рисков эксплуатации.

### Заключение, выводы

В начале упоминалось, что почти половина нештатных и аварийных ситуаций на промышленных объектах – вина оператора. Для того, чтобы в условиях бурного развития автоматизированных систем управления уменьшить долю ошибок облаживающего персонала был предложен аппаратный тренажер оператора, который позволяет:

- повышать навык оперативного персонала за счет имитации нештатных ситуаций;
- экономить время на вовлечение сотрудников в рабочий процесс.



Предварительное задание на проектирование тренажерного комплекса с сопроводительной документацией и сметным расчетом было официально направлено в ПАО «Востсибнефтегаз».

Для демонстрации возможностей и подхода к разработке тренажера был представлен прототип тренажера со сценарием «Переполнение резервуара». В настоящий момент ведется разработка более наглядной и функциональной модели насосной внутрипарковой перекачки нефти, а также соответствующего видеокadra.

Перспективы развития проекта:

- сертификация оборудования для использования на объектах НК Роснефть;
- защита интеллектуальной собственности ( в частности описание алгоритмов конкретного тренажера);
- тестирование ППО SCADA;
- использование симулятора в процедурах оценки рисков эксплуатации (в т.ч. при HAZOP, HAZAN);
- корректировка технологических регламентов.

### Список литературы

1. ГОСТ Р МЭК 61511-3-2011. Безопасность функциональная. Системы безопасности приборные для промышленных процессов. Часть 3. Руководство по определению требуемых уровней полноты безопасности.
2. Кукин П.П. Безопасность технологических процессов и производств. М: Высшая школа, 2002 г. – 319 с.: ил.
3. Малышенко А.М. Системы автоматического управления с избыточной размерностью вектора управления. Томск: Изд-во ТПУ, 2005. – 302 с.
4. Чемерисов, Д.А. Концепция разработки тренажера-стенда для обучения операторов АСУ ТП в сфере нефтегазовой отрасли [Электронный ресурс] / Д. А. Чемерисов, Е. И. Громаков // Молодежь и современные информационные технологии : сборник трудов X Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, г. Томск, 13-16 ноября 2012 г. / Национальный исследовательский Томский политехнический университет (ТПУ) ; под ред. Е.А. Сикоры и др. – Томск : Изд-во ТПУ, 2012. – С. 217–218.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ОЦЕНИВАНИЯ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ СТУДЕНТОВ ЭЛИТНОГО ТЕХНИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ

В.О. Садченко

Sadchenko.v.o@gmail.com

Элитное техническое образование (ЭТО) реализуется в Томском политехническом университете (ТПУ) с 2004 года. За это время система ЭТО претерпела множество изменений. И основным и базовым изменением стало наличие проектной деятельности. В учебном плане студентов ЭТО уже с первого курса есть предметы, в рамках которых студенты разрабатывают проекты: на первом курсе это введение в проектную деятельность, на втором разработка технического проекта, а на третьем внедрение в проект научной составляющей. И каждый раз проекты необходимо оценивать, для того чтобы поставить студентам зачет по дисциплине. Проекты различны по своей тематике, глубине теории, личному вкладу участников, времени выполнения и другим характеристикам. Оценивание проектов на зачет ставит в тупик не только студентов, но и преподавателей, которым приходится формировать собственную, субъективную систему оценки.

Формирование системы оценки проектов требует обширного подхода. Нужно изучить, какие методики уже существуют в мире, чем они плохи, чем хороши. Нужно понять, что за проекты возникают конкретно на ЭТО, какая у них специфика, что их объединяет, что различает. Важно сформировать такую систему, которая подойдет под совершенно любой проект. К этой задаче можно подойти с разных сторон: оценить все существующие проекты на ЭТО, выявить закономерности, систематизировать полученные данные, составить методику и протестировать ее. Можно зайти с другой стороны: взять один получившийся проект, проанализировать его, составить для него методику оценки, убедиться в адекватности метода, и после расширять и распространять его на другие проекты.

Создание методики оценивания поможет студентам лучше структурировать работу над проектом, планировать свою деятельность относительно оцениваемых аспектов, а также понимать адекватность и уровень своего проекта при помощи основных критериев оценки. Преподавателям методика поможет выстроить оценивание одинаково честным для различных проектов, и поможет контролировать работу над проектом не только на финальной стадии, но и во время всего семестра. Руководителям же кафедр и объединений, где будет введена методика, станет проще прослеживать и работу преподавателей, за счет просмотра статистики по проектам в течение семестра, и работу студентов, а также станет проще отслеживать действительно стоящие проекты, которые достойны дальнейшей поддержки в развитии.

При всем огромном количестве методик, способов и критериев оценки проектов, системы оценивания проектов, которая хорошо работала бы в рамках именно элитного образования, на данный момент не существует. И вообще, единой системы, которую можно было бы применить к любому проекту, не существует. Противоречие возникает между необходимостью разработки методики оценивания проектной деятельности студентов ЭТО и недостаточной проработанностью теоретических основания для ее создания.

Для того, чтобы изучить проблему более детально, среди студентов ЭТО был сделан опрос на тему, какие проблемы у них возникают в процессе проектной деятельности. Опрос дал следующие результаты:

1. Любая дисциплина, стоящая обязательной в плане обучения, завершается зачетом или экзаменом. При такой постановке вопроса у студентов возникает потребность делать проекты в любом случае, для того, чтобы сдать предмет и не получить академический долг. На данном этапе возникает проблема в генерации идеи для проекта. Части студентов удается начать такие проекты, которые будут иметь значение для них в дальнейшем обучении, будут касаться их профессиональной подготовки. Часть студентов увлекается процессом проектной деятельности и воплощает проекты в жизнь из интереса. Но оставшиеся студенты не имеют никакой тяги к реализации обязательных проектов, так как делают их просто «для галочки». В таком случае создание проекта воспринимается как трата времени, пустая игра или же ненужный навык.

2. Часто, когда у студентов есть реальная проблема, которую они хотят решить, у них появляется идея к проекту. Но им либо не хватает информации о проблеме, либо критического мышления, чтобы оценить эту идею на жизнеспособность. При столкновении с преподавателем ЭТО идеи забраковываются, как нежизнеспособные, хотя для студентов они очень важны. С одной стороны,

это неумение принимать критику и парировать. С другой – недостаточность знаний о проблеме, неумение видеть реальную картину.

3. После того, как идея признана жизнеспособной, происходит стадия набора команды. Часто для студентов этот этап совершенно не является важным, так как они считают, что достаточно взять друзей из своей группы, и проект будет выполняться. Однако, часто для реализации проекта необходим разносторонний подход, что требует студентов разных специальностей и, возможно, даже разных курсов. Так же важно, чтобы в команде были уравновешены роли: должен быть один руководитель, генератор идей, тайм менеджер, исследователь ресурсов, координатор, исполнитель, специалист, «стартер» и «финишер». Некоторые из этих ролей могут сочетаться в одном человеке, но присутствие набора из всех перечисленных желательно для реализации полной команды. Однако, на практике часто команда состоит из людей одинаковых ролей: из руководителей и генераторов идеи - тогда некому доводить проект до конца, или же из специалистов и людей процесса – тогда некому мыслить масштабно и видеть будущее проекта.

4. При работе над проектом часто команду «уносит» в одном направлении, и она начинает повторять один и тот же процесс, дорабатывать и оттачивать его, в то время как остальные части проекта, возможно более важные, простаивают. Из такого процесса может вытащить координатор проекта, который может быть частью команды, или же преподавателем. Но происходит это далеко не всегда. Тогда команда теряет много времени на несущественные процессы, чем затягивает реализацию всего проекта в целом.

5. На ЭТО для студентов и их проектов создана масса условий, помогающих реализовать проекты. Но часто студенты либо не слышат, не видят, не воспринимают информацию об этих условиях и ресурсах, либо скромничают и не берут все, что может дать им университет и ЭТО.

6. После всех основных процессов главный и последний этап – реализация проекта. Она может быть в физическом эквиваленте, программном, любом другом – главное, чтобы проект был реализован. Здесь у студентов возникает серьезная проблема с комплектующими для реализации. Написание сметы, контроль поставки, грамотное распоряжение ресурсами – все это вызывает у студентов сложности, так как это не быстрые процедуры.

7. Проблема на протяжении всех этапов – оценка проектов. При возникновении идеи, проверки ее на жизнеспособность, работе над проектом команде и реализации проекта есть проблема того, что студенты не понимают, по какому принципу оцениваются проекты. Из-за этого они не могут выбрать правильное направление для проекта, его развитие. Не могут увидеть очевидные недочеты и исправить их вовремя. При отсутствии критериев проекта студенты могут оценивать свой проект только по их внутренней шкале, которая не может считаться объективной, а значит и итоговая оценка будет для студентов сюрпризом.

После опроса стало очевидно, что главная проблема проектной деятельности именно ее оценка. Следовательно, необходимо разработать качественную методику оценки проектной деятельности, которая решала бы вышеперечисленные проблемы.

### **Список литературы**

1. Яковлева Н.Ф. Проектная деятельность в образовательном учреждении. – М. : ФЛИНТА, 2014. – 144 с.
2. Ничагина А. В. РОЛЬ ПРОЕКТНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ В ПРОЦЕССЕ ОБУЧЕНИЯ СТУДЕНТОВ ВУЗА // Личность, семья и общество: вопросы педагогики и психологии: сб. ст. по матер. XXXVIII междунар. науч.-практ. конф. № 3(38). – Новосибирск : СибАК, 2014.

# «BOXNEP» ADVANCED MODULAR UNDERWATER ROBOT

Buluev Ilia

buluev.ilia@gmail.com

*Supervisor: Ph.D., Associate Professor, S.A. Gayvoronskiy,  
National Research Tomsk Polytechnic University*

## Abstract

The article discusses the relevance of the underwater vehicles' ability to solve a wide range of problems. The idea put in the basis of this research is designing a modular underwater robot. It allows to mount various equipment and test it in underwater environment. The paper deals with the concept of the robot and its characteristics.

**Key words:** underwater robotics remotely operated underwater vehicle, robot, mechatronics, modular construction.

## Introduction

Nowadays, people are actively exploring the World Ocean. This activity is related to resource development and exploration of the biosphere. However, the World Ocean still remains the least explored area of the Earth; among others, the exploration of the Ocean's bed is of greatest interest to humanity. Yet, the main risk is that underwater environment represents a real danger for divers [1].

Underwater robotics is one of the newest branches of science and technology. Development of automatic underwater vehicles can save people from the risk that they may suffer while working under water, and also help to study and explore the underwater world.

Initially, underwater vehicles have been used by the military, but today we can say that they are used for a wide range of scientific and applied purposes related to the development and monitoring of the World Ocean, support for solving environmental issues, problems of climate forecasting, control of biological resource base, development of underwater mineral resources, seismic measurements, used as a means of control and alert in case of an emergency. Consequently, underwater robots are tools that are used for a wide range of applications [2].

With the help of underwater vehicles, humanity can study the system of rivers and reservoirs under the ice cap of the Antarctic. In addition, these vehicles can facilitate the underwater equipment maintenance (oil and gas sea-lines).

*The central aim of the project* is to ensure human safety during exploration of the Ocean's mineral resources. For this purpose, a remotely operated underwater vehicle will be designed that will allow exploring the bottom of the Ocean for an unlimited period of time. This robot will be able to perform underwater photography to search for objects, such as dangerous marine animals, rare mineral resources, amazing abyssal (ненаучно как-то звучит) species, etc. Also, the robot can be used for testing new underwater devices (e.g. manipulators, water analysis sensors, etc.) in the real operating conditions. The modular construction allows to install and replace the equipment on the robot.

## Underwater robot's concept

The main purpose of creating the first robot prototype is its proper positioning under water. However, on the prototype, the robot construction should include the possibility of integration of additional equipment. This function is needed to test this equipment in real-life conditions. In addition, Closed Circuit Television System (CCTV system) must be placed on the robot to control the environment in which the vehicle is.

The frame of the robot is made of profiled aluminum tubes with a rectangular cross-section of 50 x 40 mm (Figure 1). This form has a number of advantages, the most important among which is the low resistance of water when the robot moves. The frame has the sufficient safety margin to dive to depths of up to 15–20 m. The body frame is made of hollow aluminum tubes welded together at the end surfaces (the wall thickness of the tube is 1.5 mm). This technology provides positive buoyancy. Moreover, it is possible to install additional equipment up to 20 kg inside the frame after pressurizing it.

The robot's motion system will consist of six electric thrusters. It will be immersed by the force of four special motors and moved by two other ones. This way, the underwater vehicle will have a modular structure, which will allow using specific modules, e.g. sensors, detectors, manipulators, video cameras, etc., for different tasks.

Firstly, mass, capacity, buoyancy, forces, etc. should be calculated using hydrodynamic rules and principles. Then, the robot system with required parameters is tested in MATLAB Simulink for reliability and stability. Later, this math model is used to model a PID regulator for the control system, and manufacture the robot.

The main body of the program code for the robot's system is shown in Figure 2. This code includes two parts: the first is PID controller work description and the second one is connected to the robot, which is a control object for an automatic computer system.

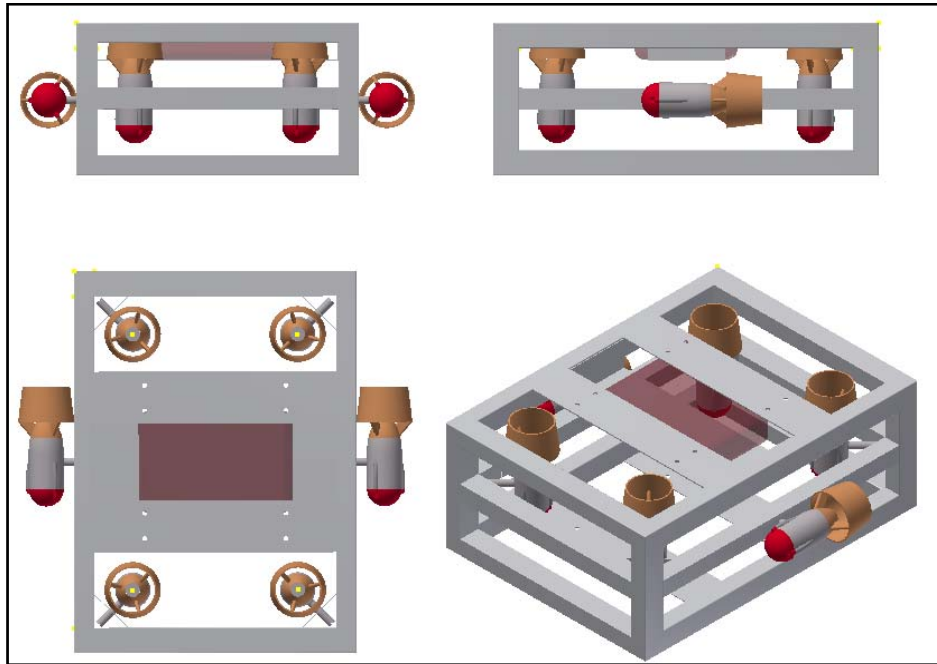


Figure 1. Construction of the «BOXNEP» underwater robot

#### Technical specifications of the underwater robot

- Frame Dimensions (LxWxH): 750 × 550 × 300 mm;
- Robot Weight: 10 kg;
- Carrying capacity: up to 20 kg;
- Maximum depth: 20 m;
- Control method: remote-controlled;
- Number of thrusters: 6;
- Frame material: aluminum;
- Installation of additional equipment: yes;
- Horizontal thrust: 20 kg;
- Vertical thrust: 10 kg.

```

1  function y=PID_02(oldErr,Err,oldInt)
2
3  Kp = 2;
4  Ki = 0.3;
5  Kd = 1.5;
6  Saturation_value = 0.7;
7
8  P = Kp*Err;
9  Int = oldInt + Err;
10 I = Ki*Int/100;
11 dErr = Err - oldErr;
12 D = Kd*dErr*100/1.5;
13
14 if (I > Saturation_value)
15     I = Saturation_value;
16 end
17
18 if (I < -Saturation_value)
19     I = -Saturation_value;
20 end
21
22 U = P+I+D;
23
24 y(1)= Err;
25 y(2)= U;
26 y(3)= Int;

```

Figure 2. Program code of the robot's control system

Let us explain the program code. Each program body contains some main function (**y=PID\_02** is the name of the code's main function) with arguments: **OldErr** (old error), **Err** (real error), **OldInt** (value of the PID controller's integral part). **K<sub>p</sub>**, **K<sub>i</sub>**, **K<sub>d</sub>** is in accordance with the proportional, integral and deferential coefficients of the controller. **Saturation\_value** is the integral part of saturation for system's work stability. **P**, **I**, **D** is in accordance with the proportional, integral and deferential parts of the PID controller. **Int** is the sum of old error and real error values, **dErr** is the difference between real error and old error values. The code contains two conditions with logic operator **if**: these ones are needed to turn on and off the integral part of the controller when necessary during the system's operation. **U** is the sum of the proportional, integral and difference parts of the controller. The value of this function (**y(2)=U**) is the output of the PID controller, which corrects the system's work. Variables **y(1)** and **y(3)** are used to save the values of the real error and the PID controller's integral part.

### Conclusion

The project shall produce a remotely operated underwater vehicle that will be able to substitute human divers. Creating this vehicle may also lead to a breakthrough in science, in particular it can accelerate the exploration of the World Ocean. The developed control system for this robot makes it possible to integrate different equipment for testing purposes.

### References:

1. Kozhemyakin I.V. Razrabotka avtonomnykh neobitaemykh podvodnykh glayderov / Kozhemyakin I.V., Rozhdestvenskiy K.V., Ryzhov V.A., Smol'nikov A.V., Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki. Razdel 1. Robototekhnika [Kozhemyakin I.V. Development of autonomous unmanned underwater gliders / Kozhemyakin I.V., Christmas K.V., Ryzhov V.A., Smolnikov A.V., Proceedings of SFU. Technical science. Section 1. Robotics], 2013 – p. 31–39.
2. Buluev I.I., Fedorov E.A. (2015). "BoxNep" underwater robot for monitoring oil and gas product pipeline. Elite Engineering Education. Access mode: <http://eto.tpu.ru/ru-RU/Projects/Details/121>, Free.

# DEVELOPING AN UNDERWATER ROBOT CONTROL SYSTEM

E.A. Fedorov

Evgeni.f.94@gmail.com

*Supervisor: Ph.D., Associate Professor, Gayvoronskiy S.A.,  
National research Tomsk polytechnic university*

## Introduction

Underwater Robotics is one of the newest areas of science and technology. Development of automatic underwater vehicles can save people from the risk they may have during working under water. In addition, these robots can be used to explore the underwater world. Initially, underwater vehicles have been used by the military. However, today we can observe their use for a wide range of scientific and applied problems related to the exploration and monitoring of the World Ocean. In this connection, underwater robotic tools are designed for a wide range of applications [1].

The main part of any robot is control system. Through it works robots can perform various complex problems. This article discusses modeling of control systems and stabilization of depth immersion of the robot. Mathematical modeling was performed using Simulink MATLAB R2013a software package.

## Structure of mathematical model

The main structure of the robot depth immersion control system model is shown in Figure 1.

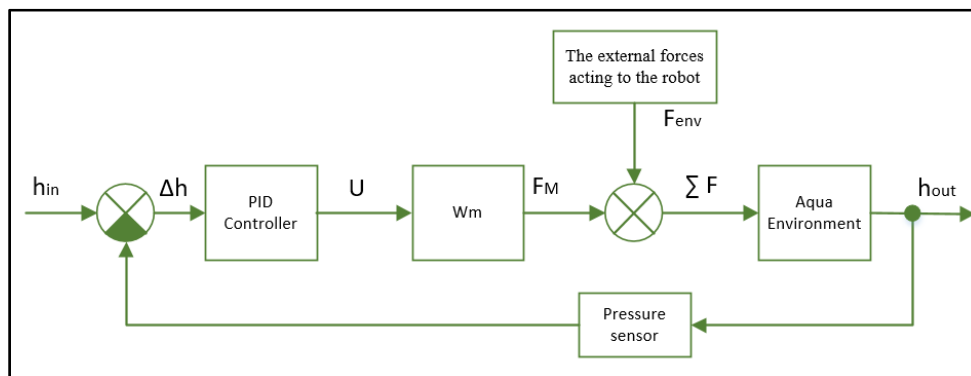


Figure 1. The main structure of the robot depth immersion control system model

The components of a mathematical model are  $h_{IN}$  – input signal, depth of robot immersion;  $h_{OUT}$  – output signal, the actual value of the depth at the current time. The vehicle is immersed by four vertical engines with blades. In Figure 1 this is the block  $W_M$ . The feedback has a depth sensor, which regulates the value of robot immersion. Also, the impact of the water environment was taken into account.

Let us consider each unit of operator-structural scheme in more detail.

## Controller

A proportional–integral–derivative controller (PID controller) generates a control signal to the engine, which act to the aquatic environment and produce robot immersion. PID controller is a control loop feedback regulator, which calculates an error value as the difference between a desired setpoint and a measured process variable. The controller attempts to minimize the error over time by adjustment of a control variable, such as the power supplied to engines, to a new value determined by a weighted sum of the proportional, integral, and derivative terms [2].

With regard to the designed model, in order to take the power of engines which must be provide, the difference between the desired depth of immersion and its value at the current time multiplied by a coefficient and feed the resulting signal to the engines. This is proportional term. It operates at the moment of error – the controller respond instantly to changes in the control signal, and the behavior of the object. Engines supply more force if the robot began float upward and vice versa. In the real conditions, this reaction manifested with delay. Moreover, the control object affected not only by the operator, but also by

the environment: the attractive force of the earth, the Archimedes force, the force of water resistance. Therefore, proportional control value hesitates around point, which must be maintained. Fluctuations become greater with the increase of the impact of the environment [2].

In order to compensate for external influences to the robot, the circuit added the integral component. All errors (deflection) in control system provided to an integrator. In this case, if the robot is drowning – the integrator’s value is decreasing, if the robot is popping up – the integrator’s value is increasing. In this way, the accumulated integral increase or decrease the value of the engine’s working power. As a result of this approach, the integrator generates contribution to a total capacity, which compensates for environmental influences: fluctuations disappear, the integral becomes stable and the value of power becomes constant. Since in this case the depth is supported, there is no deflections and the proportional component is not working at all [2].

To compensate for the delay between exposure and reaction of the system, a differential component is added to the regulator. Simply proportional controller provides the power all the time, until the robot reaches the required depth, but the proportional-differential (PD) controller begins to reduce the power supplied to the engines before than the robot plunge to a desired depth [2].

### Engines

Since the transfer functions of engines are unknown, let us take them straight to simplify the calculations. However, because of the maximum traction of propellers is 50 H, the scheme contains a restriction (saturation component).

### Outside influences

As a positive direction of the robot dives is selected Y-axis downward (Figure 2). In addition to the traction of engines on the robot affects the force of gravity, the Archimedes force and water resistance force, which occurs when the robot move and is directed opposite to the direction of its movement.

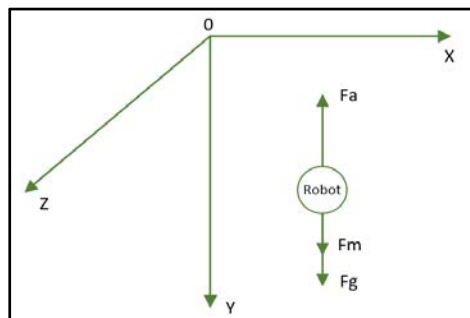


Figure 2. The forces acting to the robot under water

The viscous friction (resistance force ( $F_R$  on the Figure 3) of the water depends on the speed of movement of the robot. At low speeds, the resistance force is a linear function of the robot speed, because there is no turbulent flow of water.

Sum of force vectors is the resultant of all the forces at the current time. Taking advantage of 3rd Newton's law, the velocity of the robot will be:

$$F(t) = m \frac{dv(t)}{dt};$$

$$dv(t) = \frac{1}{m} \cdot F(t) \cdot dt;$$

$$v(t) = \frac{1}{m} \int_0^t F(t) \cdot dt.$$

Consequently, the distance will be:

$$s(t) = \int_0^t v(t) \cdot dt.$$



This way, we obtain the depth at which immerse / emerge the robot for a particular period.

### Depth sensor

Pressure sensor is used as a depth sensor. Negative feedback enters to the adder, the output of which is a deviation from a predetermined depth.

### Mathematical model of control system

All calculations are summarized in the mathematical model, built in Simulink. Consider in detail Figure 3.

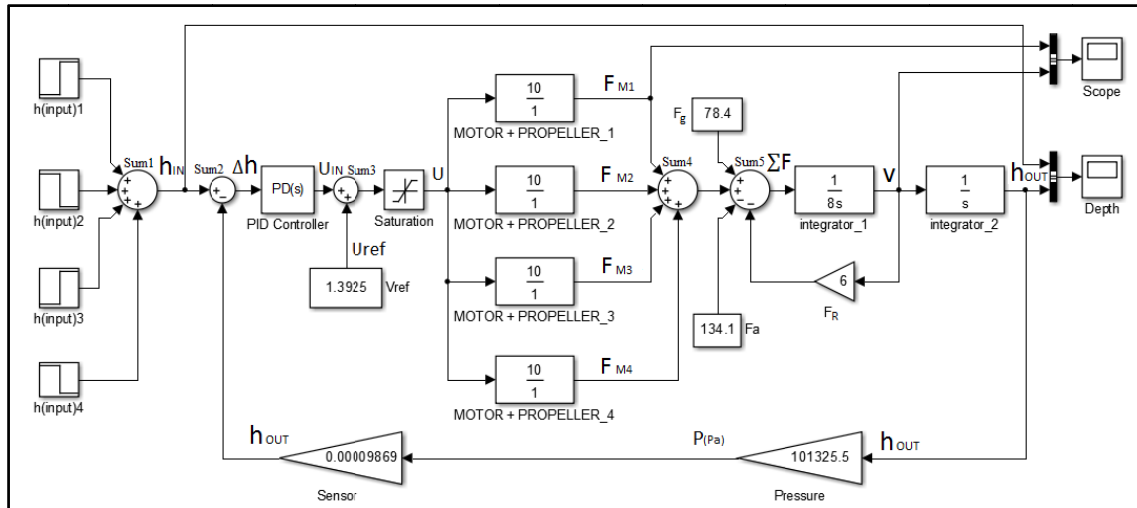


Figure 3. The mathematical model of control systems of depth immersion of the robot

The circuit has four blocks **h (input)**, which set the depth of robot immersion. At the time  $t_1=1$  s depth is **6 m**, at  $t_2=6$  s depth is **3 m**, at  $t_3=17$  s depth is **10 m**, at  $t_4=22$  s depth is **1 m**. As a result, the output from the first adder has a signal specifying the depth of immersion of the robot at certain points in time.

The **PID Controller** block is a special regulator that implements control function of the main system's circuit. As applied to this system, the PID Controller should be set after modelling the immersion control system.

In order to ensure a neutral buoyancy, block **Vref** sets the initial value of motor traction. Its value was obtained by summarizing the forces, which affect the robot from the environment, and represented as a constant value (volts) of the engine control signal. This way, the control signal to the motors is formed by the sum of **Vref** and **PID Controller** blocks. The **Saturation** block is situated after the third adder at the circuit and sets a value limit of the control signal. In other words, **Saturation** restricts the maximum speed of engines' work (maximum traction is **50 H**). Then, four **Motor + Propeller** blocks are connected in parallel. It represents the transfer function of every engine and propeller. Because the transfer engine function is unknown and its identification is not possible, it is presented as a linear function wherein the input signal is between **0 and 5 volts**, and the output traction is **from 0 to 50 H**. Thus, the transfer function of the engine and propeller is represented as a coefficient with a value of 10. Further, the total value of traction from all thrusters  $\sum F_M$  is summarized with the external forces acting on the robot:  $F_G$  – the force of gravity,  $F_A$  – Archimedes force, the  $F_R$  – frictional force/water resistance. At the output is the vector of the resultant force  $\sum F$ . After integrating, the value of this vector becomes speed, the value of which passes through the feedback to the fifth adder as frictional force. By integrating again, we obtain the movement  $h_{OUT}$  – the output signal (the actual depth value at which the robot is at the current time). The output signal is read and converted into pressure. Then the pressure comes to the depth sensor (**Sensor** block) and through feedback comes to the second adder. At its output, error is generated – deviation between the real value of the depth and the its set value. The scheme shows two **Gain** blocks, because the sensor detects pressure and then the software converts it into depth (10 m = 101325.5 Pa). The coefficients of the PID were obtained through the built-in Simulink automatic tuning function.

## Modelling

The result of the simulation of the system is shown in Figure 4, where the blue color shows the input signal and the violet – the output (testing of the control system with an input signal).

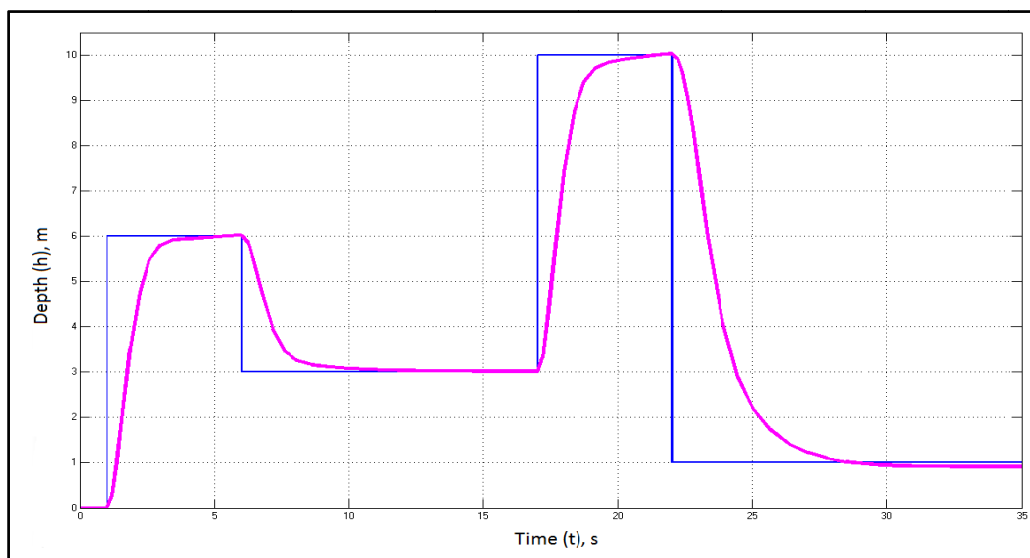


Figure 4. The result of simulation of depth immersion control system

At the result, the model fulfills well the depth of immersion of the robot, all the transient processes have aperiodic character and overshoot values are minimal. This model will be used to construct underwater robot «BoxNep». This model takes into account the weight and size dimensions of the robot and the forces acting on it. To implement the process of stabilization of the robot, the PID controller must being created as a code on the single board computer Raspberry Pi 2 (or any other computer / controller).

## Conclusion

The resulting control system has high-quality parameters of depth stabilization. Future, this control system will be used in telemetry controlled underwater robot «BoxNep», which will be designed in the laboratory of «Telecommunications, Instrumentation and marine geology», Institute of cybernetic, National research Tomsk polytechnic university.

## References

1. Kozhemyakin I.V. Razrabotka avtonomnykh neobitaemykh podvodnykh glayderov / Kozhemyakin I.V., Rozhdestvenskiy K.V., Ryzhov V.A., Smol'nikov A.V., Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki. Razdel 1. Robototekhnika [Kozhemyakin I.V. Development of autonomous unmanned underwater gliders / Kozhemyakin I.V., Christmas K.V., Ryzhov V.A., Smolnikov A.V., Proceedings of SFU. Technical science. Section 1. Robotics], 2013 – p. 31–39.
2. ПИД-регулятор своими руками [electronic source]. Access mode: <http://habrahabr.ru/post/145991/>, free.

# CREATING A SYNTHETIC ANALOGUE OF IL-4 ON THE BASIS OF DIPHENYLAMINE

E.S. Kazantseva, D.M. Abdrakhmanova

caitrina@mail.ru

*Scientific supervisor : d.c.s., professor, Andrei I Khlebnikov, TPU BaOC*

## Abstract

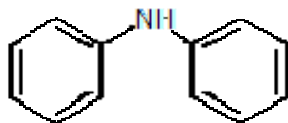
This work is aimed at creating a synthetic analog of the human interleukin-4 (IL-4) which will be used for coating the surface of biomaterials based on biodegradable polymers (polylactic acid, polycaprolactone) in order to impart immunomodulatory properties and increase biocompatibility. Molecule-analogue is designed based on knowledge of the crystal structure of the ligand receptor complex (IL-4 / IL-4 R-1 / IL-4-R2). Our approach involves identifying specific sites of interaction between IL-4 and IL-4-R1 and, from the above, forecast the possible structure of the analogues of IL-4. The interaction between the proposed analogs and receptors of IL-4-R1 is estimated using computational methods such as molecular docking and molecular dynamics, which allow to determine the degree of structural complementarity synthetic analogue to a receptor. Analysis has been performed and 4-[N-allyl-N-(4-formylphenyl)amino]benzaldehyde is a molecule, which most likely will lead to the assembly of the complex of IL-4 / IL-4-R1.

The molecule will be synthesized using the classical approach of organic synthesis.

## Introduction

This work is aimed at creating a N-allyldiphenylamine with -CHO para-orienting formyl group.

Diphenylamine was selected as basic intermediate product.



*Fig. 1. Diphenylamine*

The formylation is entering the group -CHO. To exclude side-reactions for NH, the amino group need to protect. [1], [2].

Most popular protecting groups are acyl and allyl.

Acetylation. The most known reagents for the introduction of the acyl protecting groups are acetyl chloride, benzoyl chloride, acetic anhydride and trivtoruksusny anhydride. Since HCl is escape during the acylation, with acid chlorides are not too comfortable to work. In addition to benzyl chloride is the inaccessible substance. Trifluoroacetic anhydride is an expensive compound. The most convenient and affordable is acetic anhydride. Acetyl protective is removed in one step by alkaline hydrolysis.

The allyl protective group [3]. Allyl radical is weak donor, thereby attaching the para-position is more active during formylation..

The acyl substitution is strong acceptor, dilatory electrons, which complicates the accession of the formyl group in the para position.

Thus, the allyl protection provides greater reactivity of para-positions which will host the formylation. Formylation proceeds more easily than in the presence of the acyl protection but deprotected in two steps.

For formation of [4] are required DMF and phosphorus oxide chloride. DMFA- available reagent, which is used mainly as a solvent. POCl<sub>3</sub> is unstable, so we got it immediately before use. In this connection by-products are formed, which are removed by distillation.

## Experimental

Synthesis of N-allyldiphenylamine (fig. 2)

The first step of the synthesis is the amino group protection by introducing an allyl protection, to exclude further secondary reaction.

For carrying out the reaction the following components were used: diphenylamine (5 g), potassium hydride (3,32 g), DMSO (15ml) chlorallylene (3,4 ml).

Diphenylamine was mixed with potassium hydride and then DMSO added to the reaction mixture. Chlorallylene was then added slowly drop-wise to the reaction mixture with continuous stirring at room temperature.

The resulting crude product was purified by column chromatography using hexane and ethyl acetate.

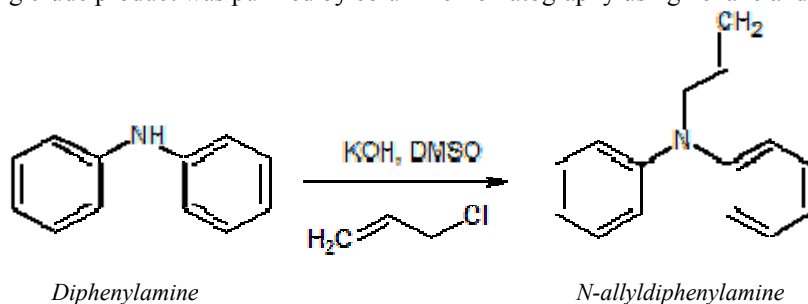


Fig 2. Synthesis of *N*-allyldiphenylamine

Synthesis of phosphorous oxychloride.

The second stage of synthesis - is getting phosphorus oxychloride, required for the subsequent formation of *N*-allyldiphenylamine.



After the reaction (1), phosphorus oxychloride is necessary distil to remove the by-products.

Synthesis of 4-[*N*-allyl-*N*-(4-formylphenyl)amino]benzaldehyde

The next stage of synthesis is to performed formylation of the allyl-diphenylamine.

The formylation being carried out in the following way.

Freshly distilled phosphorous oxychloride (12.6 ml, 82.6 mmol) was added drop-wise to 5.5 ml of anhydrous DMF at 0 °C. Later, *N*-allyldiphenylamine (5 g, 13.6 mmol in 20 ml of 1,2-dichloroethane) was added to the above solution and stirred at 90 °C for 48 h. Solution was cooled to room temperature, poured into ice water, and neutralized to pH 6–7 by the drop-wise addition of saturated sodium hydroxide solution. The dialdehyde was extracted with ethyl acetate. The organic layer was dried with anhydrous Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, and the solvent was subsequently removed. The crude product was purified by column chromatography.

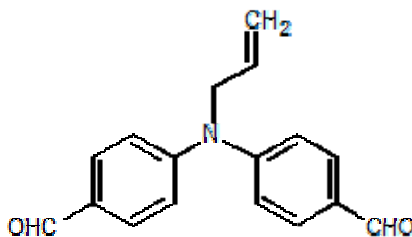


Fig 3. 4-[*N*-allyl-*N*-(4-formylphenyl)amino]benzaldehyde

Influence of the resulting product on the direction of differentiation of macrophages will be experimentally evaluated using human monocytes.

## References

1. M.Schelhaas, H.Waldmann, *Angew // Chem. Int.Ed.Engl.*, v.35, p.2056, (1996)
2. P.G.M.Wuts, T.W.Green. *Protective Groups in Organic Synthesis*. - Wiley, N.-Y., 1999
3. Cornelia Heyde, Ines Zug, and Horst Hartmann // *European. Journal of Orgfnic Chemistry* p. 3273 - 3278, (2000)
4. K.A. Vishnumurthy , M.S. Sunitha, Reji Philip, AirodyVasudevaAdhikari // *Reactive & Functional Polymers* № 71 p. 1119–1128, (2011)

# ANALYZING EMBEDDED DEVICE PROGRAMMING SPECIFICATIONS IN CRITICAL SYSTEMS TO DESIGN PROGRAMMING GUIDELINES

E.S. Korolyuk

esk13@tpu.ru

*Scientific Supervisor: Ph.D. Brazovsky K.S.; Language supervisor: Vasilii Morozov, Sr. Lecturer. Dept. of Foreign Languages of the IC, TPU*

Software safety is an important characteristic, which indicates the probability of correct program operation under different operating conditions. However, embedded software developers do not always focus on this aspect, especially in critical systems. The present article discusses the international software security standards and certificates. The author studies the source code of the presently discontinued electrosurgical device EHVCh-80 by NPO «NIKOR» and analyzes the issues of validity of choosing the programming language and architecture. The paper provides the algorithm of the program's operation and describes the main tasks performed by the microcontroller. In conclusion, the author uses the results of this software's analysis to offer recommendations to simplify software support and possible options to reduce errors, both in the code and in the architecture of the developed application. The results of this research allow to increase software safety, especially in critical systems.

With improvement of control systems in embedded designs, especially in systems that are critical to safety, it is necessary to ensure the safety and reliability of the designed software. Designers should understand that not only hardware failure (electrical, mechanical, etc.) in a medical device can cause the danger to the patient. Software bugs can also cause serious problems.

There is a number of international standards and security certificates, for example MISRA C [1] or Safety Integrity Level [2]. When using these standards, the safety analysis lies in reducing a potential source of harm and decreasing it to the minimum. It is necessary to consider all steps of device development, from inception to decommissioning.

SIL (Safety Integrity Level) certification addresses system level reliability. Major accidents such as the Bhopal disaster (1984), the Piper Alpha oil rig disaster in the North Sea (1988) and others, have led to the creation of this certification. During the investigation of these events, demands were made by government agencies to check the systems responsible for safety. This led to the development of the international standards ISA S84 [3] and IEC 61508/61511[4] that in turn formed the basis of Russian standards such as GOST R IEC 61508-1-2007 [5]. The value of the level of reliability depends on whether the system will be subjected to more or less stringent requirements.

The MISRA standard is a set of requirements (rules) for software development in the C language in addition to the standard rules.

Both higher-order language and assembler language have their advantages in writing programs for microcontrollers. The main advantage of assembler is fast performance and small code size. On the other hand, there are disadvantages of poor readability and difficulties in maintenance. This adds additional constraints if it is necessary to add new features or change the structure of the program. If used incorrectly, a command to the microcontroller can change data and cause undesired operation of a device. Rigid attachment of a language to a specific platform makes it impossible to perform automatic analysis of code for security.

The reasons for the C language's popularity in embedded systems are simple. The language is standardized, and its constructs are easily associated with machine instructions. The code becomes independent of the microcontroller and it is possible to transfer the program to different platforms.

In addition to syntax errors, there are other problems where the ISO C standard [6] specifies that the implementation may be certain or uncertain. Beginners face difficulties applying this programming language. The solution is to limit the use of some of the language's functions with well-defined opportunities to enhance application performance. To solve these problems, the Motor Industry Software Reliability Association (MISRA) has produced a range of mandatory, required and recommended programming practices [1].

Medical industry produces products that directly affect the patient. Strict safety regulations require additional monitoring throughout the product life cycle during the execution of all procedures. Software must also comply with safety regulations. Product life cycle can be divided into the following stages:

- Research
- Design and development
- Mass production
- Shipping
- Operation
- Repairs
- Disposal

As a result, due to additional requirements for implementation, long periods of time pass between stages in life cycle. The main reason is not only the duration of the certification, but also the developers' need to make profit for further development. Introduction of new functions and improvement of equipment are also a necessity. Even with due reserves, during the design stage a control system (typically a microcontroller or microprocessor) becomes outdated and by the time when an update is necessary, a programmer has to use additional techniques and unconventional programming methods to introduce new features. To analyze the requirements that need to be put forward at the beginning of the development stage, let us consider a discontinued electrosurgical device EHVCh-80 by NPO «NIKOR» company.

ATmega8 microcontroller [7] is the main element of the control system. Its program is written in assembly language in the AVR Studio environment. The microcontroller performs the following tasks:

- ADC reads parameters from sensors attached to the patient. Interrupt occurs at the end of interrupt.
- Power output is regulated by PWM
- When the timer 0 overflows, interrupt is invoked to check the keyboard.
- When the timer 1 overflows, interrupt is invoked and data are checked with the patient. If the device is not in use, its power section is disabled.
- Timer 2 is used for service purposes. Its overflow causes an interrupt and reading/writing of settings data.
- External interrupts are triggered by pressing buttons directly on the instrument.
- General purpose pins are used to control the indicators, the keyboard and the controls and elements of the power part of the device.

The program works according to the following algorithm:

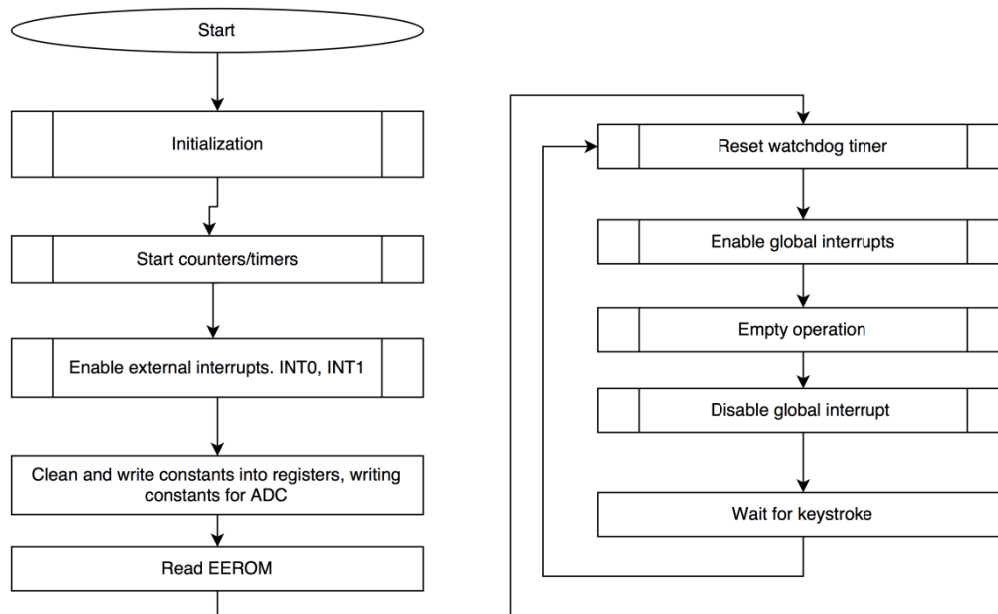


Fig. 1. Algorithm of the EHVCh-80 software.

The basic steps are performed when the global interrupts are enabled. At this time, the interrupt detection conditions are fulfilled. All major procedures are executed, and the flag registers are engaged. In other parts of the code, device operation modes are checked. It is implemented as follows:

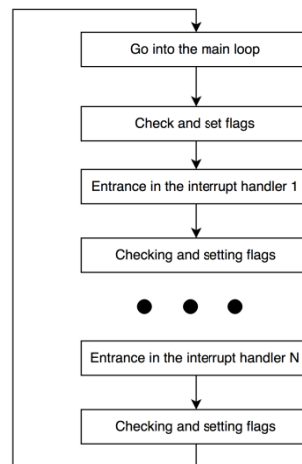


Fig. 2. Algorithm of the interrupt operation in EHVCh-80

This structure style is convenient when the size of the code is small. If you increase its size, there are problems with tracking flags. A flag error may result in enabling a wrong device operation mode. Atmega8 microcontroller has 31 available registers, and the programmer of EHVCh-80 used 4 of the registers, which corresponds to 32 flags. If we change the structure of the program, or require additional software support, we need to know the purpose of each flag.

## Conclusion

As a result of analyzing the architecture and the code of the medical device EHVCh-80, it was found that in order to improve the reliability of embedded system software; it is possible to recommend the following:

1. Developers should not put a lot of confidence in their software's correctness. To facilitate understanding of the code it should not be too obfuscated (made confusing).
2. Design must be defensive. Software should contain self-test procedures. Work logs must be kept.
3. The causes of dangerous failures must be prevented. Although in the described device there are independent fuses that cut it off, it is important for the developers to remember about this issue.
4. Do not use bad coding practices. The purpose of each variable must be clear and the functions assigned to it must be described. Never use a single variable to control the device; this is especially important in critical systems.

## References

1. MIRA Limited. «MISRA-C: 2004 Guidelines for the use of the C language in critical systems». Edition 2. Warwickshire, UK: MIRA Limited, July 2008 (ISBN 978-0-9524156-4-0).
2. Manual Safety Integrity Level. Andy Ingre, Patrick Lerévérend, Dr. Andreas Hildebrandt [Electronic resource] – URL: <http://goo.gl/IrxoKt> (accessed date: 10.03.16).
3. ANSI/ISA 84.00.01-2004 and Existing Safety Instrumented Systems.
4. IEC 61508/61511 Safety Integrity Level [Electronic resource] – URL: <http://goo.gl/IWVZOA> (accessed date: 10.03.16).
5. GOST R IEC Functional safety of electrical, electronic, programmable electronic safety-related systems. Part 2. Requirements for system . – Moscow.: STANDARTINFORM, 2014
6. ISO/IEC 9899:2011 – Information technology – Programming Languages – C.
7. ATmega8535-16PU Atmel 8-bit Microcontrollers [Electronic resource] – URL: <http://www.atmel.com/images/doc2502.pdf> (accessed date: 10.03.16).

## USE OF GAMMA-RAY SPECTROMETRY FOR IDENTIFYING WEAKLY MAGNETIC DIAMONDIFEROUS KIMBERLITES

R.A. Ledengskiy

2992roman@gmail.com

*Scientific supervisor: Doctor of geological and mineralogical sciences, Professor Rihvanov L.P., National Research Tomsk Polytechnic University, Department of Geoecology and Geochemistry*

*Diamondiferous kimberlites are the most important source of bedrock diamond deposits. The goal of the study is to analyze the use of gamma-ray spectrometry techniques to explore weakly magnetic diamondiferous kimberlites. The result of this research is the justification of prospects of using gamma-ray spectrometry to identify weakly magnetic diamondiferous kimberlites.*

Exploration of diamondiferous kimberlites is highly relevant, because they are the main source of industrial diamonds. Their proportion is 90 % of the diamond reserves in bedrock deposits. More than 1500 kimberlite bodies are known today, 8–10 % of which are diamondiferous rocks. Some kimberlite fields of Yakutian and Arkhangelsk diamondiferous provinces (Mirny, Nakyn, Zolotitsa) have minimum values of magnetization intensity. Use the magnetic method to explore weakly magnetic diamondiferous kimberlite pipes and fields has displayed low efficiency [5].

The goal of this research is to identify and analyze the relationships, possibilities and prospects of using gamma-ray spectrometry to identify weakly magnetic diamondiferous kimberlites.

Gamma-ray spectrometry methods are based on measuring the spectral composition of the natural gamma radiation of the mantle rocks, followed by identifying of the contents of natural radioactive elements such as uranium, thorium, and potassium in these formations. This method is adopted in land, airborne and laboratory versions. Gamma-ray spectrometry methods belong to geophysical methods in essence, methodology and observation techniques, but they also solve geochemical issue. The field methods have shallow depth of investigation due to the rapid absorption of gamma rays by air and rocks. They are widely used in lithological, tectonic plotting, as well as in explorations of non-radioactive minerals that are paragenetically or spatially linked with the natural radioactive elements [2]. Identifying radioactive elements by gamma spectrometry in the field is distinguished by unique mobility, rapidity, high sensitivity and accuracy in solving radiogeochemical issue. This method allows the use of statistical approach in radiogeochemical research, to regulate behavior of the field acquisition, observe and evaluate the dynamics of the radiogeochemical parameters of rocks, ores and minerals in their geological study, and produce reliable sampling to identify the three natural radioactive elements [3].

Metamorphism, metasomatism and hydrothermal processes cause changes in an enclosing rock, accompanied by a transformation of the structure of radiochemical fields, which causes the formation of anomalous concentrations of natural radioactive elements. The reason for this phenomenon are the different migration properties of uranium, thorium and potassium. These changes disrupt the equilibrium ratio of natural radioactive elements, followed by the formation of radiogeochemical zonation, which is equivalent to a specific conversion type and that creates the methodological basis of the gamma-ray spectrometry's application in radiogeochemistry.

Airborne gamma-ray spectrometry allows to determine the concentration of radiogeochemical elements in rocks and ores with the required precision. The results of airborne gamma-ray spectrometry show its high efficiency in solving geological problems such as geological mapping, prospecting hydrothermal deposits (uranium, rare earths, non-ferrous and precious metals), and the research of the intensity and nature of occurrences (manifestations) of superimposed processes. These results allow obtaining high-quality information that is comparable with the scale-adjusted (corresponding scale) foot-borne surveys. According to the estimates, aerial survey of similar problems is 2.5-10 times cheaper than work on land [1]. The high sensitivity of the method can effectively detect Clarke content of natural radioactive elements in the upper layer of rocks. If there is even a slight differentiation of these elements, the method manages to dissect stratified bodies, detect and determine the heterogeneity of the structure of the intrusive assemblages (acid, alkali). The faulted zones, which were affected by metasomatic and hydrothermal transformations, have the disturbance of their equilibrium state of the natural radioactive elements. Gamma-ray spectrometry can determine reliably this faulted zone as the results of calculating above-background concentrations of the

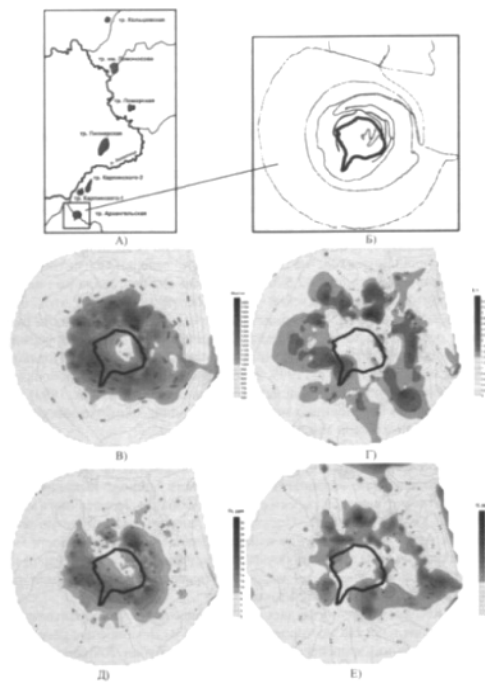


radioactive elements or their relationships. Airborne gamma-ray spectrometry is independent and as more effective in combination with other geophysical methods, and is applied widely for prospective assessment of ore-bearing and ore-controlling structures, for exploration of deposits of radioactive, rare, non-ferrous and precious metals [2].

The first practice of using airborne gamma-ray spectrometry to identify kimberlite pipes has demonstrated that many kimberlite pipes have elevated thorium concentrations and reduced concentrations of potassium in contrast to enclosing rocks. However, attempts to open these anomalies up by drilling were unsuccessful, and the method was rejected. However, the following surveys on reference fields and geological interpretations have found that the method did not identify the kimberlite bodies themselves, but their secondary geochemical halos. Radiogeochemical halos of the Mirny kimberlite field confirm this. Their radiogeochemical halos were almost equivalent to the maps of mineral distribution from kimberlites. The only difference is in the time: one season of the aerial survey against several decades of drilling and surface excavation.

It is known that the use of magnetometry helped to explore more than half of Yakutia's kimberlite pipes and most kimberlites of the Arkhangelsk region, but it also is known that magnetic measurements did not identify diatremes of the Nakyn field, which are the unique in their diamond content. The Internatsionalnaya pipe, richest in diamond content per ton in the Mirny field, has low level and small size of its local magnetic anomaly. If a substance-indicator module used in the exploratory method fails, effectiveness of magnetometry is largely determined by the work of four other modules used in the exploratory method (landscape and geological, technical and metrological, geological and interpretive, and certifying), which have lower efficiency in exploration of diamond kimberlites. There are also studies on the analysis of the quality and reliability of the magnetometric method, which identified a number of possible and actual situations where primary deposits of diamonds can be overlooked [4].

The geoscientists carried out a ground gamma-ray spectrometry survey in the area of the Arkhangelskaya pipe of the Zolotitsa field on the Arkhangelsk diamond province. The results of the survey were maps of the total intensity of gamma radiation (pulses/sec), potassium content (%), concentration of uranium and thorium (ppm), which show the specifics of the spatial location of radioactivity in the rocks (Fig. 1) [6].



A) – Layout of the Zolotitsa ore field; B) - route of gamma-ray spectrometric survey; C) - total intensity of gamma radiation (pulses/sec); D) - distribution of the potassium content (%); E) - thorium concentration (ppm); F) - uranium concentration (ppm)

Figure 1 – Layout of the studied area and distribution of radioactive elements in the rocks of Arkhangelsk pipe (according to Yakovlev E. Yu., 2015)

A contrast anomaly forms around the pipe contour in terms of total radioactivity (pulses/s), which extends to the crateral facies rocks and enclosing deposits, and exceed the background by an average of about 2 orders. The central part of the pipe has decreased values of gamma field.

Similarly, anomalies of thorium, uranium and potassium have high values around the pipe contour. Concentrations of uranium and thorium vary within an average of 3 to 10 ppm and 8 to 32 ppm at this area, respectively. Potassium content also tends to have high values. This indicates that the kimberlites, which are forming the diatreme of the Arkhangelsk pipe, are depleted in uranium and other radioactive elements. Furthermore, uranium isotopes activity ratio is equivalent to one, which indicates the absence of conditions here for the separation of isotopes and long-term stable state rock. At the same time, we can observe active fractionation processes of uranium isotopes in rocks of the annulus, the apparent deficit of  $^{234}\text{U}$ , accumulation of the other radioactive elements. This is due to the radiation exposure of uranium and its infiltration oxidation transportation and deposition near kimberlites, which have reducing properties [6].

These regularities and processes justify the possibility of using gamma-ray spectrometric surveys to assess the prospectivity of ore-bearing and ore-controlling structures, for the exploration of non-radioactive minerals that are paragenetically or spatially linked with natural radioactive elements, particularly for the exploration of weakly diamondiferous kimberlite pipes.

## References

1. Kontarovich R. S. Aehrogeofizika na poroge XXI veka [Aerogeophysics at the turn of the XXI century]. Mineralnye resursy Rossii. Ekonomika i upravlenie [Mineral Resources of Russia. Economics and Management]. Installment. 1997. pp. 3–5.
2. Lazarev F. D., Romashko V. V., Melnikov P. V., Shnejder G. V. Ajerogamma spektrometricheskie issledovaniya kak metod izuchenija radioaktivnosti poverhnosti i ego prakticheskaya realizaciya [Aero Gamma spectrometric studies as a method of studying the radioactivity of the surface and its practical implementation]. Radioaktivnost i radioaktivnye elementy v srede obitaniya cheloveka: Materialy III mezhdunarodnoy konferencii [Radioactivity and radioactive elements in human environment: Proceedings of the III International Conference]. Tomsk, 2009. pp. 306–311.
3. Rihvanov L. P. Radiogeohimicheskaya tipizaciya rudno-magmaticheskikh obrazovanij (na primere Altae-Sajanskoj skladchatoj oblasti) [Radio geochemical typification of the ore-magmatic formations (on the example of the Altai-Sayan orogen)]. Novosibirsk: SO RAN, branch “Geo”, 2002. pp. 12–22.
4. Kontarovich R. S., Cyganov V. A. Problemy i perspektivy razvitiya geofizicheskikh tehnologij pri poiskah korennyh mestorozhdenij almazov [Problems and prospects of development of geophysical technology in the search for primary diamond deposits]. Geofizika [The geophysics]. Moscow: EAGO, 2001. 9 p.
5. Cyganov V. A. Klassifikaciya i issledovanie otkazov magnitometricheskogo metoda poiskov kimberlitov [Classification and study of failures of use magnetometric method for exploration kimberlites]. Moscow: FGUP Ajerogeologiya. 25 p.
6. Yakovlev E. Yu., Kiselev T. P., Druzhinin S. V. Osobennosti raspredeleniya radioaktivnykh elementov v porodah kimberlitovoj trubki Arhangelskaya (mestorozhdenie im. M.V.Lomonosova) [Features of distribution of radioactive elements in the rocks of kimberlite pipe Arkhangelsk (Lomonosov deposit)]. V Rossijskaya molodjozhnaya nauchno-prakticheskaya Shkola s mezhdunarodnym uchastiem «Novoe v poznanii processov rudoobrazovaniya» [V Russian Youth Scientific and Practical School with international participation «New in the knowledge of the processes of ore formation»]. Moscow, 2015. pp. 289–291.

# DEVELOPMENT OF FREQUENCY-BASED TECHNIQUE OF INTERNAL COMBUSTION ENGINE DIAGNOSTICS

V.E. Maslov

wado93@mail.ru

*Scientific supervisor: V.I. Goncharov, Sc.D., Prof., department of ICCS, IC, TPU*

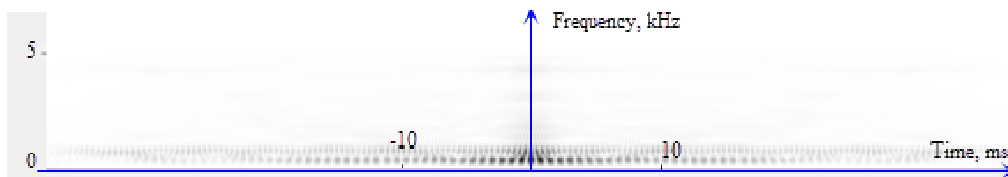
Automobile engine diagnostics is one of the most important procedures during vehicle inspection because early detection of problems and troubleshooting increases vehicle uptime and decreases risks of unexpected failure. Nowadays, specialists are interested in the diagnostics techniques that do not require engine disassembly because these techniques are much cheaper, faster and do not present any potential hazard for the operating conditions of the engine.

One of the promising solutions for in-place engine diagnostics is related to frequency-based techniques, the essence of which is analyzing the frequency of vibro-acoustic oscillations occurring during engine operation. One of the possible ways to use frequency is comparing frequency characteristics of the diagnosed engine with the reference characteristics [1]. This approach is really easy to implement but its accuracy is not always sufficient for diagnostics. Further development of frequency-based technique is related to correlation analysis of signals [2]. This approach has some advantages, for example, a technique based on this idea does not need any engine reference characteristics because it is possible to indicate an engine fault only by analyzing the correlation function of the tested engine signal.

Using correlation analysis in any field of technology allows to obtain acceptable results even in the conditions of high interference when the signal to noise ratio is really low. Advanced diagnostics techniques are using modern software and hardware analysis tools, which are becoming more sensitive. In his paper, Avramchuk proposes [3] some measures to improve sensitivity. The main idea is to limit the noise impact by filtering acoustic sensor signals that contain a significant proportion of noise. That is why the mathematical apparatus of time-frequency correlation functions was developed. It allows to provide signal information not only traditionally in time domain, but in the frequency domain as well.

In this case, engine vibrations are read by a piezoelectric vibration measuring converter DN-3-M1 and recorded to the computer as a .wav file with a sampling frequency of 44100 Hz. It is possible to chart a time-frequency autocorrelation function of the signal by using specialized software [4]. This software is quite convenient because it allows to analyze this function at certain frequencies, which is very important because the operating frequency range of the vibration sensor does not exceed 4800 Hz [5].

The time-frequency function of the signal previously recorded by the vibration sensor is given below as an example. Figure 1 shows the time-frequency autocorrelation function of the vibration signal and Figure 2 shows its 3D representation.



*Figure 1. Time-frequency autocorrelation function of the vibration signal*

As we can see from these figures, the most valuable information is the signal at low audio frequencies. The chart of the time-frequency autocorrelation function of the vibration signal has a series of local extrema that occur with a certain periodicity at different frequencies. The most clearly visible extrema occur at the audio frequencies of 300 Hz and 650 Hz, they have different periodicity which indicates a different nature of their occurrence. At the sound frequency of 300 Hz, the function reaches the extremum every 0.75 ms, which corresponds to the frequency of 1330 Hz. At the sound frequency of 650 Hz, the function reaches the extremum approximately every 0.45 ms, which corresponds to the frequency of 2220 Hz. These frequencies are directly related to engine operation and correspond to specific mechanical frequencies, for example the operational frequency of a particular mechanical element (bearing, piston in cylinder, etc.).

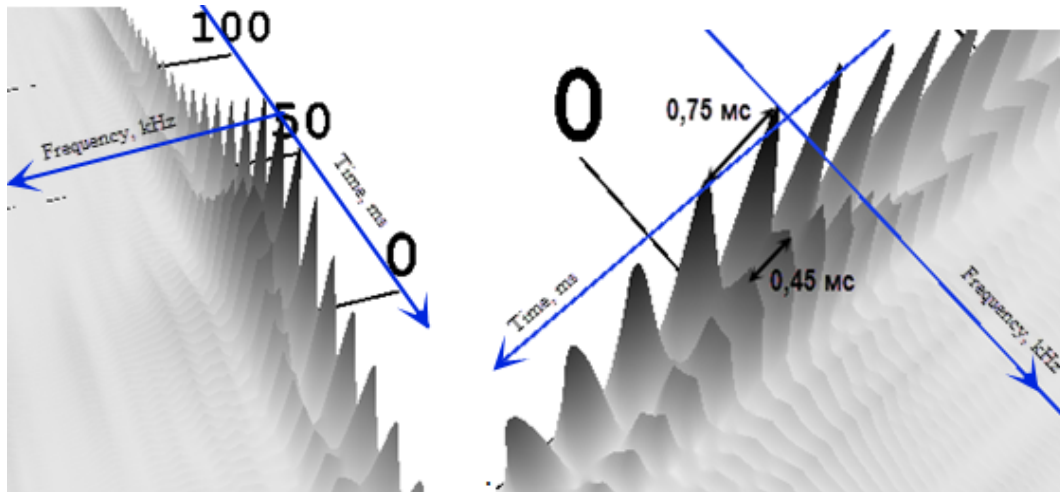


Figure 2. 3D representation of the time-frequency autocorrelation function of the vibration signal

The software settings and the considered time interval of the test signal under study also play a significant role. Different time intervals and software settings lead to different results, which makes it possible to identify new previously unidentified frequencies corresponding to other mechanical frequencies.

The article presents a part of the results of analyzing the time-frequency autocorrelation function of a car engine. Certain frequencies were recorded that have important information about signals in audio frequencies that correspond to different mechanical units. Further work is based on establishing the compliance between recorded frequencies and mechanical units.

#### References

1. V.G. Baralevich, I.N. Erimichoi, L.I. Panov. Vibroakusticheskaya diagnostika dvigatelei vntrennego sgoraniya (Vibroacoustic diagnostics of automotive internal combustion engines). [Electronic source]. – URL: <http://ezikt.org/vibroakusticheskaya-diagnostika-avtomobilnyx-dvigatlej-vnutrennegosgoraniya>. Access date: 02. 03.2016.
2. V.S. Avramchuk, V.T. Chan. Chastotno-vremennoi korrelyacionnii analiz dvigatelei vnutrennego sgoraniya (Time-frequency correlation analysis of digital signals). // Известия Томского политехнического университета. – 2009 г., Томск – pp. 112–115.
3. V.S. Avramchuk, V.P. Kazmin Анализ сигналов вибрации двигателя внутреннего сгорания// TPU News. – 2013 у., Томск – pp. 69–73.
4. The certificate of state registration of the computer program. №2012616731. «-frequency correlation analysis of signals» / V.S. Avramchuk, E.E. Luneva, 26 June 2012
5. Piezoelectric transducers DN-3-M1. ТУ4277-011-27199633-2007. Registration number in the State registry of measuring instruments № 35012-07.

# LOW DOSAGE HYDRATE INHIBITORS

V.D. Matyukhina

matyukhina\_v@inbox.ru

## Abstract

Evidence suggests that oil and gas industry has always been one of the fundamental business sectors in Russian and World's economy. These days a huge oil and gas complex has been built throughout the globe. To achieve that there have been developed a large number of technologies for such processes as drilling, engineering, exploitation of oil and gas production facilities, water, oil and gas fluids processing and transportation. One of the aims of this article is to explain by giving an example of gas hydrate formation, which is the major object of attention of this paper, that even in such advanced infrastructure any petty problem can cause calamitous consequences.

One of the obvious reasons why this article is topical today could be the fact that combination of many additives of natural gas with water leads to gas hydrate formation. What this normally results in is local outbreaks and major accidents. Therefore, the issue of prevention of hydrate precipitation at minimum operating costs is of paramount importance today. In order to overcome this difficulty, various approaches have been developed.

Observing the most significant methods of the crystallization and agglomeration of hydrate particles prevention, our research group emphasized decompression, gas heating in places of hydrate deposition and injection of hydrate inhibitors. It is fair to claim that these methods have a few negative aspects and companies should take into account a spectrum of shortcomings to choose ways to tackle them. The technology of pressure suppression is workable on condition that hydrate plug is eliminated. High explosibility of natural gas is dangerous for heating. The injection of hydrate inhibitors is not always payable due to cost of reagents and toxicity of inhibitors themselves [1].

Another matter which causes unease is search for the most effective method of gas hydration control. It is regrettable that all used methods are based on energy ratio of gas-hydrate former and water. According to statistics, inhibitors, the most popular of which is methanol, are widely-spread in Russia. Unquestionably, methanol is a violent poison that causes serious poisoning and even death. Thus, the amount of methanol used in the industry is sure to be reduced. Our research team firmly believe we could go about this in a number of ways, but it was concluded that the most successful one would be to use Low Dosage Hydrate Inhibitors.

## Introduction

The formation of hydrates in processing facilities and pipelines has been a nuisance to the natural gas industry for over five decades (Figure 1).



*Figure 1. Gas hydrates in pipeline*

Many articles have been published on the problem of gas hydrates which occurs in transportation or processing. Hydrate formation can cause shutdowns and even destruction of valuable equipment. Because of these devastating and often costly consequences of hydrate formation, methods of slowing hydrate solids development in gas streams have been of interest for a number of years [2].

Gas hydrates are crystalline, «ice-like» compounds composed of water and natural gas (Figure 2).

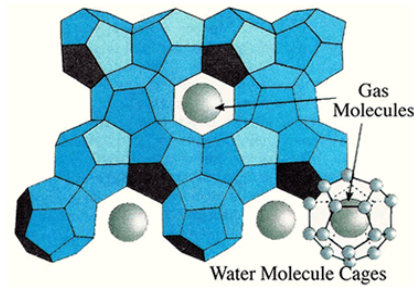


Figure 2. Gas hydrate structure

Two structures of gas hydrates are known to form in light gases: Type I and Type II. Type I forms with smaller molecules such as methane, ethane, and hydrogen sulfide. Larger molecules like propane and butane combine with water to form the diamond lattice structure of Type II. The two hydrate structures are equally damaging; however, an advantage in treating hydrate problems is that all suppression methods are effective on both Type I and Type II structures.

Recently, the existence of a third hydrate structure, Type H, was reported. The importance of the new structure to the hydrocarbon industry is significant. To fully understand its role in the industry, further phase equilibrium data and structural investigations are needed. The formation of hydrates can be prevented by using any of the following methods.

- Adjusting the temperature and pressure until hydrate formation is not favored
- Inhibiting hydrate formation in the free water phase

To implement these methods, a number of practices are used throughout the gas industry.

### Hydrate prevention

Prevention of hydrate formation is better than extraction of existing hydrate from an economical view and safety concerns. To accomplish this, the hydrate formation process can be influenced by different ways, which our research team has studied:

- Controlling of pressure and temperature during extraction and transport;
- Injection of hydrate inhibitors;

### Pressure and temperature control

If the conditions can be controlled outside of the hydrate formation restriction, wet gas can be transported. However, it is to be taken into account that local pressure and temperature changes can happen. The required technique for temperature control of the whole pipeline or larger sections is expensive, reduced pressure leads directly to lower feed rates [3].

### Thermodynamic hydrate inhibitors

With thermodynamic inhibitors the chemical potential between the water molecules is changed. The pressure and temperature level, at which hydrate formation is possible, changes to higher pressure and to lower temperature. Such inhibitors as salts, especially alkali halogenides, alcohols, like methanol and glycols are really widespread.

The advantages of these hydrate inhibitors are proven application, recycling possibilities and flexibility in working with any type of hydrocarbon.

Disadvantages are the necessary high volume amounts of thermodynamic inhibitor. This aspect leads to an extensive logistic support for the transport of inhibitor to the well, the feed rate decreases due to the added inhibitor volume and the recycling of thermodynamic hydrate inhibitor is costly. Also lead the chemical properties of the inhibitor to a higher corrosion rate and to higher safety requirements. Too small percentages of thermodynamic inhibitor can support the hydrate formation instead of preventing it.

### Hydrate inhibition with methanol

Relative to hydrate suppression, methanol has several properties which make it especially well suited for the application when compared to other solvents. Methanol exhibits a lower viscosity and surface tension as a function of temperature. The most noted drawbacks of methanol are its toxicity and high vapor pressure

which is significantly higher than that of the traditional glycols resulting in potentially high losses at certain conditions.

### **Low Dosage Hydrate Inhibitors (LDHI)**

New sorts of chemicals, named Low Dosage Hydrate Inhibitors (LDHI), have been taken into account as the most effective option regarding the replacement of thermodynamic hydrate inhibitors. However, because of their low dosage, LDHI do not change the hydrate stability zone fully, in contrast to the thermodynamic inhibitors; so that the unprocessed effluents are allowed to transit inside the hydrate stability zone. Consequently, the use of LDHI is not as straightforward as that of the thermodynamic inhibitors: based on an associated risk analysis, a proper hydrate management strategy has to be developed for the field in order to define adequate contingency procedures and back-up solutions. There are two types of LDHI: the Kinetic Hydrate Inhibitors (KHI) and the Anti-Agglomerants (AA). The development of LDHIs has been subjected to a lot of research works for the last eighteen years, and to several field testing and deployment for the last twelve. LDHI can be efficiently used at dosages far lower than that of the thermodynamic inhibitors: the required concentration for these additives is currently expected in the range of 0.5-3 wt% in water. However, it is worth mentioning that these dose rates are low compared only to methanol or glycols. Owing to their low dosage, the most interesting economic advantage expected from LDHIs should have been the reduction of operating expenditure. In fact, the main economic incentive of using LDHIs is today the large reduction of capital expenditure via the reduction of the size of the storage, pumping and piping facilities; they also have the benefit that they are far less volatile and flammable, and more environmentally friendly than methanol, resulting in the reduction of HSE risks [4].

### **Kinetic hydrate inhibitors**

A KHI is a chemical product composed of active matters formulated in a solvent. The active matters are water soluble polymers with eventually synergist products, and the solvent is composed of monoethyleneglycol and/or heavy alcohols. They act by delaying hydrate nucleation step and by slowing down the initial crystal growth during a finite period defined as “hold-time”. The hold-time due to KHI is dependent on the subcooling and on the test pressure. Consequently, the applicability of a KHI depends upon two factors: the subcooling to which the produced effluents are exposed, and the residence time of the water inside the hydrate stability zone. For a given pressure, the subcooling can be defined as the difference between the thermodynamic hydrate forming temperature (dissociation temperature) and the ambient temperature (layer temperature for instance). The subcooling is the “driving force” of the hydrate crystallization kinetics; so, the higher the subcooling, the lower the efficiency of the KHI. There is in practice an absolute subcooling limit above which the hydrate formation is quite instantaneous, whatever the dose rate of the KHI. Nowadays, this limit can be evaluated at around 14-15°C for the best KHIs. Subsequently, for a given subcooling, the applicability of a KHI depends on its ability to delay hydrate formation for a time longer than the residence time of the water inside the hydrate areal. Regarding TOTAL Group experience with KHI, two field tests were carried out in France in 1997, and in Argentina in 1999. First actual field experience with KHI is that of South-Pars in Iran. The success of this first application was a strong incentive to use a KHI as the base case for hydrate prevention on Dolphin, a large gas field situated offshore Qatar. The KHI injection has been started to protect the sealines and the onshore slug catcher.

### **Anti-Agglomerants**

AAs are generally surface active products mixed in a solvent. They can be water or oil soluble depending on the technology used. Contrary to KHIs, they do not avoid hydrate formation but they decrease their growth and agglomeration, so that the tiny hydrate crystals can be transported in the oil phase. Besides, in contrast to KHIs they can sustain high subcooling levels, up to 18-20°C. So in the cases where waxes are not an issue, the potential use of AAs could allow to liquidate the insulation, or at least to reduce it, resulting in significant capital expenditure savings. However, their main drawback is that their efficiency is limited to a certain watercut: as soon as the watercut is higher than 30-40 %, the hydrate particles concentration becomes so high that AAs are no longer able to allow the transport of the suspension. Consequently, the potential use of AAs, on a continuous injection basis, is limited to situations where the watercut is rather low (technical limitation) and where the water flow rate is rather low (operating expenditure limitation). Because of their operating expenditure limitation, AAs are mainly used today in transient situations on oil fields, especially to allow reducing the methanol injection and thus to quicken the cold restart of wells up to a certain watercut. In the future, the continuous injection of AAs will be possible to contemplate most probably when the wellhead (or downhole) water separation has become a field proven technique [5].

### **Economic feasibility of LDHI appliance**

Our research group has made a comparison of economic benefit between the use of a single thermodynamic hydrate inhibitor (methanol) and a mix of methanol and LDHI. We decided to choose kinetic hydrate inhibitor “Konkrepol-PVP” as the most suitable and widespread in Russia.

The table below provides information about the estimation of both variants. There are final results:

*Table 1. Results of economic estimation*

Feature	Unit	Without “Konkrepol-PVP”	With “Konkrepol-PVP”	Difference
Operational expenditure	Thous. RUB	173 659,6	170 248,4	-3 411,2
Net present value (NPV)	Thous. RUB	-97 993	-96 068	1 924,9

These results demonstrate feasible and doubtless argumentum of LDHI efficiency and pecuniary benefit.

### **Conclusion**

As far as gas and oil industry is concerned, safe and environmentally friendly production is said to be an ultimate aim. From our perspective it seems to be achievable if we never stop improving used technologies and making further breakthrough, one of which is Low Dosage Hydrate Inhibitors. To understand all the aspects better, it is necessary to perform a more thorough study of it and explore all avenues experimentally.

### **References**

1. Sloan ED & Koh, C.: Clathrate hydrates of natural gases, 2008. p. 216.
2. Makogan Y.:Hydrates of hydrocarbons - Tulsa, Pennwell Books, 1997. p.78.
3. E. Dendy Sloan, Jr., Carolyn Koh: Clathrate Hydrates of Natural Gases, 2007. p.15.
4. E. G. Hammerschmidt: Formation of gas hydrates in natural gas transmission lines - Ind. Eng. Chem. 26. (8) 851 (1934).
5. Bölkény I., Rónai L.: Regulation of an Inhibitor Dosing System - XXVIII. microCAD Internacional Multidisciplinary Scientific Conference, University of Miskolc, Hungary, 2014. p.14



# DEVELOPMENT OF TRAINING STAND «SOFTWARE AND HARDWARE COMPLEX OF MANAGEMENT OF THERMAL OBJECT»

Ovchinnikova Anastasiya

ovchinnikova.a.p@yandex.ru

*Scientific adviser: assistant to department of ICCS of the IC Tutov Ivan, TPU, Tomsk, Russia*

**Abstract.** The paper presents the concept of an educational stand. The object of control is a thermal model of the object. A controlled variable is the temperature.

**Keywords:** programmable relay, PID controller, temperature sensor, temperature stabilization, hardware and software system

## Introduction

At the present stage of technological development manufacturing automation has gained great importance. Temperature control and maintain it at a given level is an important task in many fields of human activity - in agriculture, oil and gas industry, in the food industry. Automatic maintenance of temperature at the set level is necessary for many technological processes including in dangerous productions, for example, maintenance of temperature in tanks of oil storages therefore it is important to the experts working with automation systems to be able to create and customize system of stabilization of temperature.

## Formulation of a problem

The training stand was named «Software and hardware complex of management of thermal object». The main target of stand's creation is the training of future experts of automation systems.

## The general concept

The laboratory stand is intended for heating of water in capacities and maintenance of her temperature at the set level. At temperature increase of liquid there is a problem of it's uniform heating. Heating of liquid happens not on all volume, and locally as upper layers of water heat up quicker, then lower, and therefore, it becomes difficult to ensure desired accuracy. It is necessary to carry out mixing of the water when it is heating to solve this problem. Two pumps and the second (initially empty) capacity are for this purpose used. When pumping liquid from one capacity to another and back, there being stirred.

Measurement of temperature is carried out by two temperature sensors— thermo resistance and the thermocouple. Thanks to function of reservation of sensors in the TPM251 OWEN PID-regulator (Fig. 1), in case of refusal the main sensor there is an automatic inclusion of reserve. At liquid temperature increase above 80 °C occur emergency power off of the stand and the alarm system about an exit of adjustable size out of admissible limits. Management of a heating element happens also through TPM251 at connection him via the relay to the corresponding exit of the regulator.



Figure 1. Program PID controller OWEN TRM251

Control of pumps is exercised by means of the OWEN ARIES programmable relay (Fig. 2.). Thanks to the fact that the device doesn't contain in advance written program in the memory there is a possibility of creation of own program of control of the connected devices. Pumps and depending on the set algorithm are connected to exits of the programmable relay; there is their inclusion and switching off.

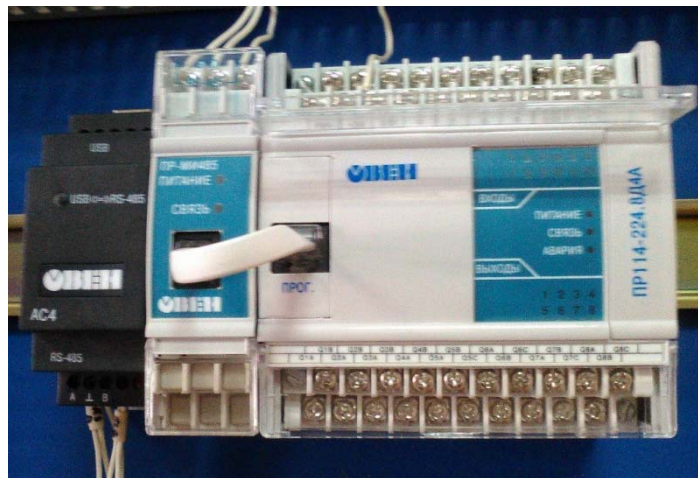


Figure 2. Programmable Relay PR114 OWEN

### Conclusion

The concept of the educational stand is developed for improvement of skills of creation, adjustment and customization of automated control systems automated temperature's control systems.

### References

1. Programmable Relay OWEN [Website]. – URL: [http://www.owen.ru/en/automation\\_systems](http://www.owen.ru/en/automation_systems) (date of the application 12.03.2016)
2. Program PID controller [Website]. – URL: [http://www.owen.ru/en/hvac\\_controllers](http://www.owen.ru/en/hvac_controllers) (date of the application 12.03.2016)
3. GOST 21.404-85 SPDS. Automation of technological processes. Symbols of devices and automation equipment in schemes [Website]. – URL: [http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST\\_2140485\\_SPDS\\_Avtomatizaci.html](http://www.znaytovar.ru/gost/2/GOST_2140485_SPDS_Avtomatizaci.html)

# IMPROVING THE EFFICIENCY OF THE COMBINED METHOD OVERSIZE CRUSHING

A.O. Pokoptsev

Gm1994.23@gmail.com

*Scientific adviser: Ph.D., Senior Researcher, Filatov G.P., TPU*

## Abstract

In the mining industry there is the problem of the formation of oversize blocks rocks, which require secondary crushing. Using the combined method of electric crushing oversized to accelerate compared with the technologies using today, and automate this process.

The main task in this method is a shift from the source industrial frequency power supply to the pulse of electrical energy. An important component is the switching time is necessary take into account the direction of the current flowing through the rocks. For these purposes the controller Arduino Uno, which allows to configure the switching power sources.

## Introduction

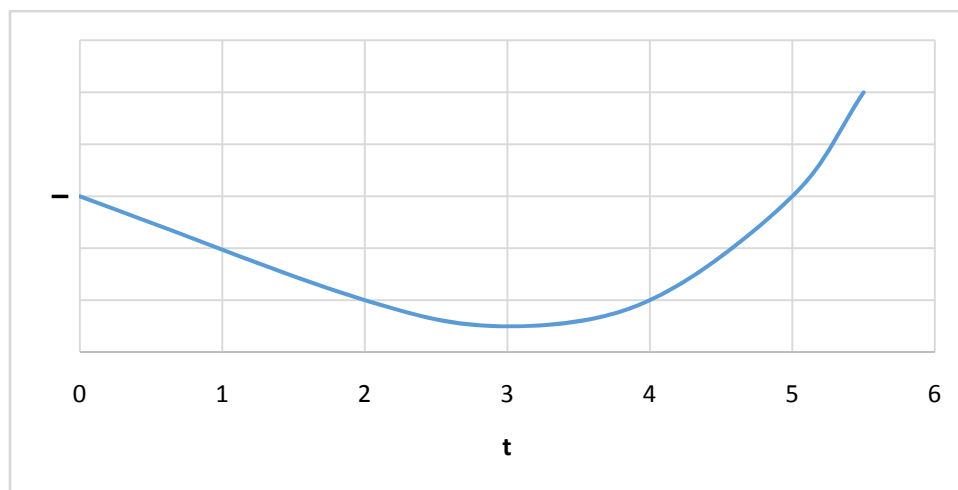
In the mining industry there is the issue of the secondary crushing oversized rocks. Secondary crushing - the destruction of oversize rock mass in open pit and underground mining. At the blasting is not possible to achieve a uniform splitting of the rock, due to rock inhomogeneities formed oversized pieces. A particularly acute problem in underground mining. transportation of oversized rocks on the surface impossible.

There are methods for crushing oversized. Conventionally are using mechanical or detonation of the explosive methods. But also to develop new methods of crushing, based on the principle of electrical breakdown in a solid. Combined splitting method is based on the impact on the rock power frequency current, upon reaching a certain value is made the supply of high-voltage pulse. Which creates electrodynamic effects inside the rock, leading to destruction. For this method, a device that allows for the achievement of the required parameters turn off the power frequency current, and apply a high voltage pulse.

## Methods

In the combined method of crushing the Communist Party. Which, initiates the formation of a conductive channel due to the release of energy by Joule-Lenz. Then, formed on the conductive channel filled with a mass of molten rock, is supplied a high voltage pulse which generates electrodynamic effects on the rock, leading to its destruction [1].

By using this technology, the fundamental is the time when the high-voltage pulse is fed. When the flow of power frequency current, the current does not vary linearly.



*Figure 1. Graph of change of current according to time.*

As seen from the graph, up to a certain point in time the current passing through the formation decreases. This is due to the fact that the rock in its internal structure has crystallohydrates of salts and water. When current arises along the heating channel breakdown, which leads to the evaporation of water and increasing resistance. Further, the current increases, due to the fact that begins to form a conductive channel is filled with molten rock [2].

Feeding high-voltage pulse is necessary during the increase of the current. The most effective point on the graph will be the point 4. Since before this time has not yet started to form a conductive channel, and then begins to increase at the current feeder power frequency current, which leads to the risk of a short circuit, and to an increase in losses of electricity [3].

The oversize secondary crushing device which uses a combined method necessary the sensor to be responsive to the change in current over time.

$$\frac{\Delta I}{\Delta t} > 0.$$

The authors, for this purpose, it was proposed to use current relays Bistable RTD-21M. The relay reacts to a change in the current of 50mA and 120mA. But due to the fact that time a relatively large current change, the relay does not have time to react to the change in current. Also due to the low current control capabilities that vary greatly depending on the breed. Relay RTD-21M is not suitable for this purpose [4].

Using a controller Arduino Uno as a current change detector flowing in the rock. What allowed perform the setting to turn off industrial frequency current. The fee Arduino Uno is based on the microcontroller ATmega328. Power is supplied by a voltage converter, which is connected through a connector to the 2.1 mm with central positive pole. Power supply voltage is 7-12 V. Programming controller carried on the C language. It was provided the opportunity to setting rate of change current [5].

## Results

Figure 2 (a, b) shows the change in AC amplitude for use as objects of concrete specimens 200 mm (Figure 2a) and granite 65 mm (Figure 2b). To enable the various moments of the generator high voltage pulse (points 1, 2, 3) an analysis of the nature of the destruction of concrete and granite samples. Results of analysis destruction for the combined effect shown in Table 1. The table shows that when a signal is input to the sensor including a high voltage pulse at a time when the rate of change of AC amplitude is less than zero (point 1), the destruction of the object isn't observed.

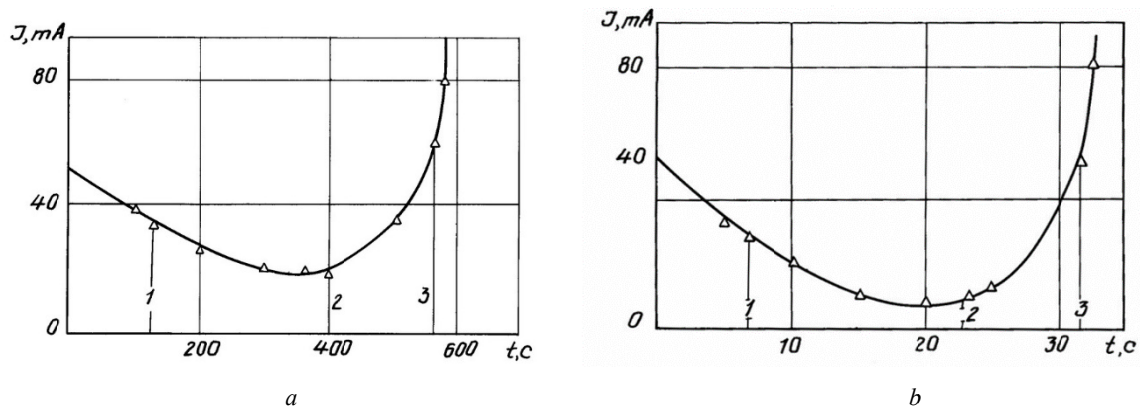


Figure 2. a) Change the AC amplitude for a 200 mm concrete  
b) Change the AC amplitude of 65 mm granite

If the material when exposed to the variable frequency current channel is formed electrothermal breakdown (point 3), then the subsequent impact of a high voltage pulse is also not effective. The maximum efficiency of process failure occurs when the impulse high voltage is supplied to the sacrificial object when the rate of change of the AC becomes larger than zero (point 2).

*Table 1. Results of the combined method for various points*

Material samples	Moment of switching of high voltage pulse		
	Point 1	Point 2	Point 3
	The result of the combined effects		
Concrete 200 mm	not destroyed	4 fragment	not destroyed
Granite 65 mm	not destroyed	6 fragment	2 fragment

### **Conclusion**

Using Arduino Uno controller to determine when to switch the power supply makes the most efficient to implement the combined method secondary crushing oversized rocks. That in turn reduces the time spent on a single crushing rock. And reduce energy consumption for crushing. The same controller Arduino Uno allows setting in a wide range, the entire system to a specific type of rock.

### **Bibliography**

1. Vorobiev AA Vorobyov GA, Zavadovskaya EK etc. Pulse breakdown and destruction of dielectrics and rocks. Tomsk: TSU Publishing House, 1971. – 227p.
2. Kovalenko NE, Savchenko BS, Annenkov VN Investigation levels breakdown gradients and specific energy consumption at the EI-rock failure in the electrode gap UHF in the sinking of wells 200-1200 mm diameter: Abstracts of All-Union meeting room nauchchnogo «Electropulse technology and electromagnetic processes in loaded solids». Tomsk, – 1982.
3. Rzhetskij VV, Y. Protasov, Dobretsov VB Parameters lektrotermicheskogo rock breaking currents of industrial frequency and physico-technical problems of mining. 1965. – № 3. – P. 136–138.
4. Catalog Ltd. «Relay and Automatics» [Electronic resource]. – Access: <http://www.rele.ru/> current relay Bistable RTD-21M1. – (Access date: 02.03.2016).
5. Website Arduino [electronic resource]. – Access: <http://arduino.ru/> Arduino Uno. – (Access date: 02.04.2016).

# RESEARCH AND SYNTESIS OF ALUMINUM NITRIDE BY BURNING OF ALUMINUM NANOPOWDER WITH ADDITIVES OF GALLIUM OXIDE

D.R. Soboleva

Di\_soboleva@mail.ru

*Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor Ilin A.P., TPU*

Even in the end of the XX century people actively studied the physics and chemistry of burning metal nanopowders for further usage of the results in modern technologies. Today more and more problems appears in the area of production due to technological progress. Necessity to application refractories arises from the fact of use of modern high-temperature furnaces to create products from infusible materials. However, most modern methods of creating thermostable compounds are laborious and not economically feasible. Since then, engineers and scientists have conducted a lot of research to create new materials. A special feature of nanopowders burning in the air is the formation of nitrides [2]. Aluminum nitride is a unique material, which has a low electrical conductivity and high thermal conductivity. This is material used to create ceramic refractory materials, and materials, used in electronics [3]. Among the large number of experiments on combustion of aluminum nanopowder the additives effect on the combustion process have been studies. At present, using chemical high-temperature bonding of nitrogen, powder with aluminum nitride content of 40–80 % obtained. Gallium nitride is also widely used, promising material. It is heavy, mechanically stable material. Gallium nitride used to create light-emitting diodes, semiconductor lasers, and diode in electronics. In addition, it used to build massive solar panels on satellites because it has a low sensitivity to ionizing radiation. Synthesis of burning is energy-intensive and cost-effective because no special conditions is required. During the burning of aluminum nanopowder the temperature inside the sample achieved about 2000 °C.

The aim of the work was to determine the yield of aluminum nitride, and the final phase composition of products of aluminum nanopowder combustion in air with the addition of gallium oxide.

We used aluminum nanopowder produced by electrical explosion wire in argon atmosphere [4]. Gallium oxide powder obtained by thermal decomposition of gallium (III) nitrate chemically pure (white crystalline powder) in a muffle furnace at 800 °C. Mixtures of aluminum and gallium oxide nanopowder was prepared by mechanical mixing in a dry form, observing the rules of the pyrotechnic mixing. Three mixtures were prepared with different ratios of moles Al/Ga<sub>2</sub>O<sub>3</sub> : in the first sample as 1:1, in the second sample as 3:2, in the third sample as 4:2. Each sample strewed in the form of a cone on the metal plate. After cauterization samples anomalous bright glow observed. None of the samples observed with first combustion stage (smoldering). There was a small amount of liquid phase in each sample, which can be explained by the fact that gallium is recovered and melted. After burning, the products were grind in a mortar and were investigated by X-ray diffraction (XRD) (Scientific Analytical Center of TPU)). Estimation of the content of aluminum nitride phase (of AlN) showed (according to XRD), that in the first sample AlN phase characterized by the maximum reflections on radiographs, the first and second samples have maximum gallium nitride reflexes. It was also found that in addition to aluminum nitride phase combustion products are aluminum oxide, recovered gallium, gallium nitride (samples 1, 2). Analysis of the reflection intensity ratio of aluminum nitride and oxide ( $\alpha$ -Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) showed that in the first sample the aluminum nitrate refers to aluminum oxide as 1.1:1.

After the experiment, we can conclude, that the most optimal for obtaining aluminum nitride is a mixture of aluminum oxide nanopowder with gallium oxide, which is equal to 1:1 (mol.). Content of aluminum nitride in the final product is equal 24 %. Content of gallium nitride in the final product is equal 24 %. 22 % and 30 % for Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and Ga respectively. The addition of gallium oxide had a catalytic effect, it observed by bright quick combustion without the first step (smoldering), as in the case by combustion of pure aluminum nanopowder. Nitrogen is less electronegative than oxygen in the air. Therefore, to obtain nitrides due to the fall in oxygen activity. The fall of the activity can be related to transition triplet oxygen to chemically inactive singlet state because of increased emission of heat and light from the samples. Recycled gallium prevent the formation of intermetallic compounds, which appeared in experiments with other additives [5], thereby increasing the yield of aluminum nitride. Gallium Recovering can be avoided by carrying out the

reaction in a nitrogen atmosphere. This procedure is relevant and applicable in the preparation of metal nitrides.

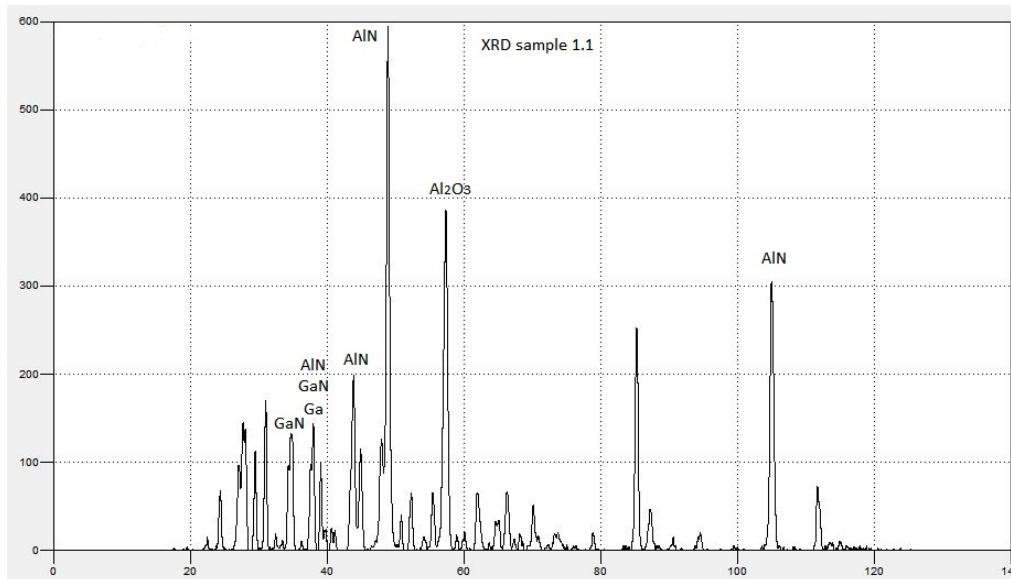


Figure 1. X-ray of the combustion products of mixture of aluminum nanopowder and gallium oxide in a ratio of 1:1(mol.)

## References

1. Koizumi M. Burning synthesis chemistry. Translation from Japanese. – M: Mir, 1998. – p. 247.
2. Ilin A.P., Gromov A.A. Combustion of aluminum and boron in the hyperfine state. – M: publishing outfit of Tomsk Polytechnic University, 2002. – p. 154.
3. Ivanov S.N., Popov P.A., Egorov G.V. Thermal properties of the ceramic aluminum nitride //physics of solids, v. 39, № 1. p. 93–96, (1997).
4. Ilin A.P., Nazarenko O.B., Tikhonov D.V. Peculiarities of obtaining nanopowders in conditions of electrical explosion of conductors.-M: publishing outfit of Tomsk Polytechnic University, 2013. – p. 223.
5. Soboleva D.R., Kornilov S.V., Root L.O. Abstracts of the International Conference «VII Staver reading», Krasnoyarsk, Russia, 2015. – p. 76.

# CERAMIC MATERIALS BASED ON SYNTHETIC CALCIUM PHOSPHATE FOR MEDICAL USES

N.E. Toropkov, Antonkin N.S.

zerogooff@gmail.com

*Scientific Supervisor: Prof., Dr. V. Iv. Vereshagin, Prof., Dr. T. S. Petrovskaya  
Tomsk Polytechnic University, Russia, Tomsk, Lenin str., 30, 634050*

**Annotation.** This article discusses the different methods of synthesis of hydroxyapatite and receiving on its base of ceramic materials in various ways. We have also developed our own technology. The conditions of compatibility and saddle the assumption and the suitability of the material for implantation.

Currently, there are a large number of implants used to replace bone defects, as well as its full replenishment. Existing metal implants (Ti, Ti-Ni) are widely used in medicine, but result in significant postoperative complications. Hence, the medical issue is to improve the technology of resorbable implants. However, the lack of suitable materials limits the improvement and development of certain types of implantable endoprosthesis.

The aim of this work is to develop the technology of synthetic hydroxyapatite for its use bioceramic materials and components for filling bone defects.

Biocompatibility, unique activity, structural and mechanical similarity of human bone tissue allows synthetic hydroxyapatite ( $\text{Ca}_{10}(\text{PO}_4)_6(\text{OH})_2$ , HAP) to be widely used in modern medicine, and materials science [1]. This property is characteristic not only of hydroxyapatite, but of all the calcium phosphate phosphoric acid. However, compared to DCPA and DCPH, which have low strength in composites it is more preferred to use crystalline hydroxyapatite.

There are many ways to obtain HAP as amorphous and as crystalline [4]. However, most preferably the preparation of amorphous hydroxyapatite as crystalline HAP is resorbed over a sufficiently long time, has poor osteoconductive, and methods of its production is quite labor-intensive.

It is obvious that for the synthesis of HAP, it is necessary to maintain the stoichiometric ratio  $n(\text{Ca}^{2+})/n(\text{PO}_4^{2-}) = 1,67$ , and pH not less than 8,37, to neutralize the nitric acid formed as isoelectric located at about a given value of pH.

Comparative X-ray diffraction are shown in Figure 1.

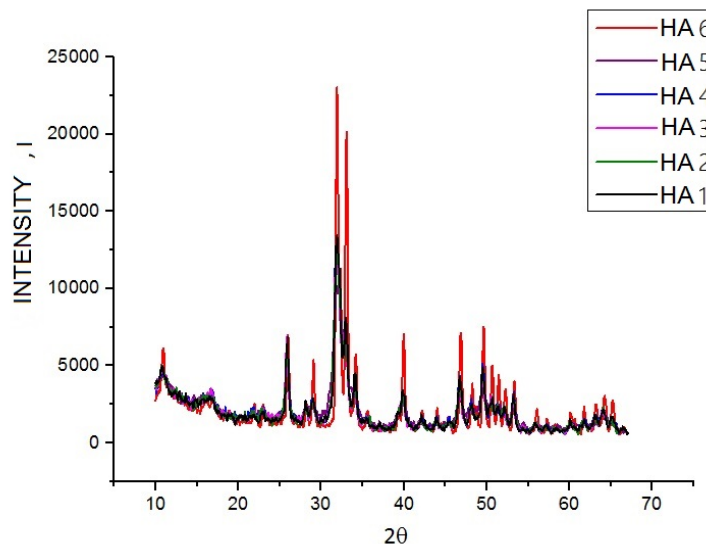
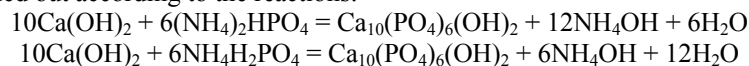


Fig. 1. A comparative chart of X-ray 6 samples



HA-1 hydroxyapatite synthesized by the classical drip synthesis technology of hydroxyapatite [2]. Methods of synthesis described in detail in the source. HA-2 and HA-3 were obtained by the first method of synthesis, however, the complete draining of mixtures were produced and pH was adjusted for 10 minutes before the stabilization, pH = 8,73. Solution was brought to a temperature of 60 ° C, and then part of the mixture remained aging for one day the mother liquor (HA-3), the other part was filtered off and washed once and the precipitate was dried (HA-2). HA-4 was obtained by heating treatment instead of heating on the heating surface in a flask similar to the synthesis of HA-1, the microwave heating at 200 watts of power and time of 30 minutes. These conditions are chosen experimentally and correspond to the time of the boiling beginning of the 1 liter mixture with the sample of 50 grams, after the precipitate was subjected to decantation, filtered, washed and dried. HA-5 is derived from calcium saccharate by a similar synthesis. [3] HA-6 obtained by a modified procedure developed by us: freshly calcined CaO dissolved in water and subjected to ultrasonic treatment for cleavage conglomerates. Thereafter, the two solutions were prepared comprising the half amount of the obtained calcium hydroxide, diammonium phosphate and ammonium phosphate concentrations with appropriate stoichiometric relationship.

Synthesis was carried out according to the reactions:



After decanting the mixture was heated in a microwave oven to adjust the temperature of 37 degrees, stirring was conducted by bubbling air, and then adjusted to pH 7, and was left to stand in the mother liquor for 48 hours at 37 °C. The precipitate was then thoroughly washed and dried at a temperature of 105 °C.

According to X-ray diffraction shown in Figure 1 in the crystalline phase sample application 1–6 corresponds to HA with a unit cell  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}(\text{hex})$ . Most crystallized sample is obtained under the designation HA-6. The reaction product is HA and  $\beta$ -TCP (< 20 %).

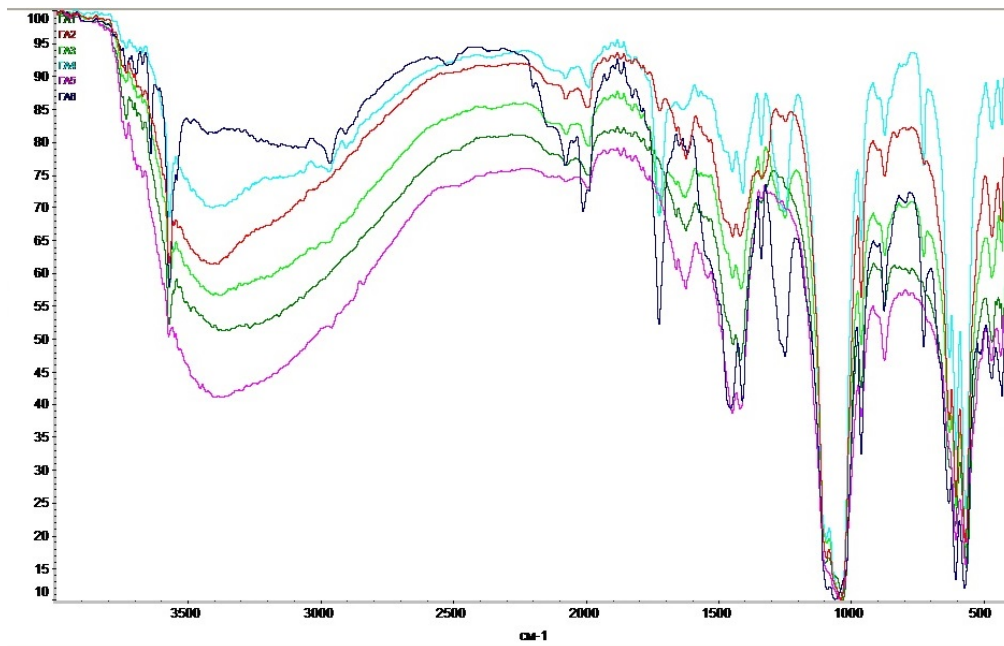


Fig. 2. FT-IR samples HA-1, HA-2, HA-3, HA-4, HA-5, HA-6

The IR spectra of all samples (Fig. 2) defined bands corresponding to vibrations of the phosphate groups in the range of wave numbers 955-962, 520-660 and 1020-1080  $\text{cm}^{-1}$ .

The low intensity of the band at 3570  $\text{cm}^{-1}$  and 630  $\text{cm}^{-1}$ , corresponding to stretching and deformation vibrations of OH groups of HA in samples 1,2,3,5 indicates low levels of HA phase. Fluctuations corresponding bands in the ranges 870–875  $\text{cm}^{-1}$  and 1300–1500  $\text{cm}^{-1}$  belong to the C = O groups in the carbonate. The presence of carbonate groups in the structure of the samples associated with the adsorption of carbon dioxide from the air atmosphere during synthesis.

Thus, it is shown that the synthesis of 6 is most optimal to obtain a single-phase powder GA with minimal time and labor costs. Since the samples 1,2,3,4 and 5 showed no apparent efficacy, further examples will not be considered, however, sample number 1 is considered as a control.

Determination of the solubility is a very important step in the study of the properties of biomaterials based on calcium phosphate, as it allows to evaluate the ability of materials to resorption, i.e. dissolving in body fluids.

Table 1 shows the results of Dissolution samples HA-1 and HA-6 in saline solution at room temperature of 20 °C and the body temperature 37 °C.

*Table 1. HA powders Solubility in physiological saline at pH 7,  $\omega$  (NaCl) = 0,9 %*

The concentration of ions $\text{Ca}^{2+}$ in relatively saturated saline HA		HA-1	HA-6
$C_{\text{Ca}^{2+}} \cdot 10^3$ , моль/л	20 °C	$1,19 \pm 0,03$	$1,59 \pm 0,03$
	37 °C	$1,33 \pm 0,02$	$1,74 \pm 0,04$

### Conclusions:

1. Various methods of synthesis of hydroxyapatite were investigated, conducted a comparative analysis, based on the assumptions that had arisen in the course of the synthesis of its own synthesis was developed by known techniques: of the synthesis the own synthesis was developed using known techniques.
2. New method was developed for the rapid phase synthesis of hydroxyapatite using microwave radiation and mild conditions. The use of microwave radiation allows to obtain single phase HA powders affecting its properties: average particle size decreases from 200 nm to 80 nm, increasing the uniformity of the particles in the form and degree of polydispersity ranges from powders (50-120) nm to (20-40) nm; powders specific surface from  $44 \text{ m}^2/\text{g}$  to  $106 \text{ m}^2/\text{g}$ ; solubility in saline solution powders ( $\text{CCa}^{2+}$ , mol/l) from  $(1,19 \pm 0,03) \cdot 10^{-3}$  to  $(1,59 \pm 0,03) \cdot 10^{-3}$  at 20 °C and from  $(1,33 \pm 0,02) \cdot 10^{-3}$  to  $(1,74 \pm 0,04) \cdot 10^{-3}$  at 37 °C.

### References

1. Barinov S.M., Kozlov V.S. «Bioceramics of calcium phosphate», 2012.
2. Safronova T.V., Shehirev M.A., Ceramic materials based on hydroxyapatite, obtained from solutions of different concentrations, Moscow State University, Inorganic Materials, 2007, t-43, № 8, p. 1005–1014.
3. Safronova T.V., Putlyayev V.I., Synthesis of nanocrystalline hydroxyapatite calcium from calcium saccharate and ammonium hydrogen phosphate, Report of the Academy of Sciences, 2009, t-426, № 4. – p. 491–496.
4. Bulanov E.N. Obtaining and study on nanostructured biocompatible materials based on hydroxyapatite. – Nizhny Novgorod: Nizhny Novgorod State University, 2012. – 103 p.

# РЕГИСТРИРОВАНИЕ РАДИАЦИИ

С.В. Брагин

Serega2012500@yandex.ru

*Научный руководитель: Тищенко Т.И.а, учитель физики МАОУ лицея №7*

Излучение радиоактивных веществ оказывает очень сильное воздействие на все живые организмы. Они испускают альфа, бета частицы и гамма излучение.

Сегодня все знают, что радиация чрезвычайно опасна. При больших дозах она вызывает самые тяжёлые поражения тканей, а при малых может вызвать рак и индуцировать генетические дефекты, которые, возможно, проявятся у детей, внуков или более отдалённых потомков человека, подвергшегося облучению. В тоже время человек не имеет никаких механизмов регистрации радиоактивного излучения. По отношению к радиации человек «слеп» и «глух», поэтому чрезвычайно важно иметь приборы, регистрирующие радиоактивное излучение. Создание таких приборов из подручных материалов стало **целью** данной работы. Для достижения цели были сформулированы следующие задачи:

1. Изучить теорию и найти схемы простейшего Счетчика Гейгера
2. Собрать схемы различных устройств, регистрирующих радиоактивное излучение.
3. Зарегистрировать естественный фон радиоактивного излучения.

## Радиоактивное излучение

Радиоактивность появилась на Земле со времени ее образования, и человек за всю историю развития своей цивилизации находится под влиянием естественных источников радиации. Земля подвержена радиоактивному фону, источниками которого служат излучения Солнца, космическое излучение, излучение от залегающих в земле радиоактивных элементов.

Радиоактивность – это способность атомов некоторых изотопов самопроизвольно распадаться, испуская радиоактивное излучение.

Радиоактивное излучение – это поток элементарных частиц различных энергий, которые при прохождении через вещество производят ионизацию в нем.

Естественное, независимое от человека, радиоактивное излучение составляет естественный фон радиоактивный фон. При этом около 70 % облучения от естественного фона человек получает внутренним образом.

Количество энергии излучения, поглощенное единицей массы облучаемого организма, называется поглощенной дозой и измеряется в системе СИ в грях ( $1\text{Гр} = 1\text{Дж/кг}$ ). Эта величина не учитывает эффективности воздействия определенного вида излучения на организм. Поэтому на практике используется эквивалентная доза, равная поглощенной дозе умноженной на коэффициент качества излучения и в системе СИ измеряется в Зивертах. Для характеристики уровня гамма-излучения применяется также понятие экспозиционной дозы, оцениваемой по эффекту ионизации сухого атмосферного воздуха и измеряемая в Рентгенах ( $1\text{Р} = 0,013\text{в}$ ). Безопасным естественным фоном радиоактивного излучения принято считать излучение до  $20\text{мкР/ч}$ .

## Устройства для обнаружения радиоактивного излучения

Существуют 6 основных методов для обнаружения и регистрации радиоактивного излучения:

1. Фотографический метод, самый первый метод, который позволил А. Беккерелю открыть явление радиоактивности. Основан на воздействии радиоактивного излучения на фоточувствительные материалы.
2. Ионизационный метод, основанный на измерении степени ионизации газов, либо по образованию электронно-дырочных пар в твердых телах.
3. Люминесцентный метод обусловлен возникновением свечения под влиянием какого-либо воздействия.
4. Оптический метод реализуется на эффекте изменения оптических свойств материалов под воздействием радиоактивного излучения.
5. Калориметрический метод измерения радиоактивности основан на измерении тепла, выделяемого при радиоактивном распаде или при взаимодействии излучения с веществом.
6. Химические методы основаны на изменении химического состава жидкостей или газов при взаимодействии с радиоактивным излучением.

## Счетчик Гейгера

Счетчик Гейгера – газоразрядный прибор для автоматического подсчета числа попавших в него ионизирующих частиц – электроны и гамма излучения.

Счетчик Гейгера был изобретен в 1908 году немецким физиком-экспериментатором Хансом Вильгельмом Гейгером. В 1928 году, совместно с Вальтером Мюллером, счетчик был усовершенствован. Поэтому изобретение часто называют счетчиком Гейгера-Мюллера.

Устройство состоит из герметичного металлического или стеклянного баллона, наполненного инертным газом (неон, аргон) или газовой смесью. Внутри баллона имеются электроды – катод и анод. Для облегчения возникновения электрического разряда в газовом баллоне создается пониженное давление. Электроды подключаются к источнику высокого напряжения постоянного тока через нагрузочный резистор, на котором формируются электрические импульсы при регистрации радиоактивных части.

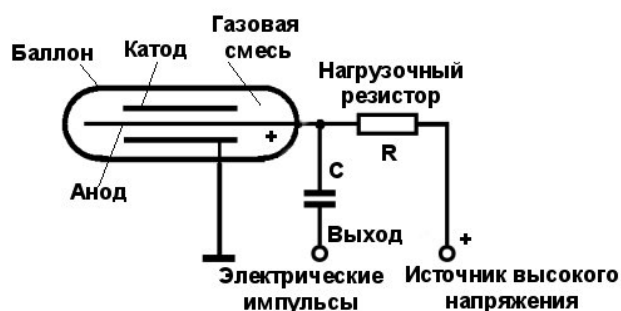


Рисунок 1. Устройство счетчика Гейгера

Принцип работы счетчиков Гейгера основан на эффекте ударной ионизации газовой среды под действием радиоактивных частиц или квантов электромагнитных колебаний в межэлектродном пространстве при высоком ускоряющем напряжении.

В исходном состоянии газовый промежуток между электродами имеет высокое сопротивление и тока в цепи нет. Когда заряженная частица, имеющая высокую энергию, сталкивается с элементами конструкции датчика (корпус, баллон, катод), она выбивает некоторое количество электронов, которые оказываются в промежутке между электродами. Под действием ускоряющего напряжения в несколько сотен вольт электроны, находящиеся в инертном газе, начинают устремляться к аноду. На этом пути они легко ионизируют молекулы газа, выбивая вторичные электроны. Процесс многократно повторяется и количество электронов лавинообразно увеличивается, что приводит к возникновению разряда между катодом и анодом. В состоянии разряда газовый промежуток в межэлектродном пространстве становится токопроводящим, что обуславливает скачок тока в нагрузочном резисторе.

В несамогасящихся счетчиках прекращение разряда достигается отключением источника питания, что приводит счетчик Гейгера в исходное состояние. В самогасящихся галогенных счетчиках, широко применяемых в настоящее время, это достигается за счет введения в газовую среду специальных добавок (хлор, бром, йод, спирт), которые способствуют быстрому прекращению разряда. Также в качестве нагрузочного резистора используют высокоомное сопротивление – несколько единиц или десятков мегаом. Это позволяет за счет падения напряжения на резисторе (во время разряда) резко уменьшить разность потенциалов на электродах счетчика. Как правило, напряжение менее 300 вольт делает невозможным поддержание разряда, и он автоматически прекращается.

### Счетчик Гейгера из подручных средств

Мною было изготовлено устройство из подручных средств и полевого транзистора, которое является аналогом счетчика Гейгера. К металлической банке, которая являлась первым электродом, была присоединена пластиковая бутылка, которая изолировала, помещенную внутрь проволоку, являющейся вторым электродом. Затем затвор полевого транзистора КП312 подсоединили к одному электроду, а сток ко второму. При подключении мультиметра к стоку и истоку транзистора в домашних условиях сопротивление установки составило 0,31Мом, а на кафедре Томского Политехнического университета под действием излучения изотопа кобальта 60 сопротивление составило 0,1 МОм.

Принцип действия: При поднесении радиоактивного вещества в установке образуется много ионов и сопротивление должно увеличиваться, но на затворе полевого транзистора образуется ток

и при подключении мультиметра к транзистору, он показывает, что сопротивление уменьшается. Но такая установка может регистрировать только повышенное радиоактивное излучение от специального источника.

### Изготовление дозиметра

Чтобы зарегистрировать естественный фон радиоактивного излучения, был изготовлен дозиметр. Сначала была найдена схема подходящего устройства. Затем на специальном оборудовании была спаяна трубка, заполненная аргоном. Остальные детали были куплены: Резисторы (560 кОм, 5 МОм, 10 МОм), конденсаторы (47 мкФ, 50 мкФ, 0,15 мкФ), трансформаторная катушка, диоды, транзисторы, микросхемы (К176ИЕ4, К176ИЕ5, К176ИЕ1), батарея 4,5 В.

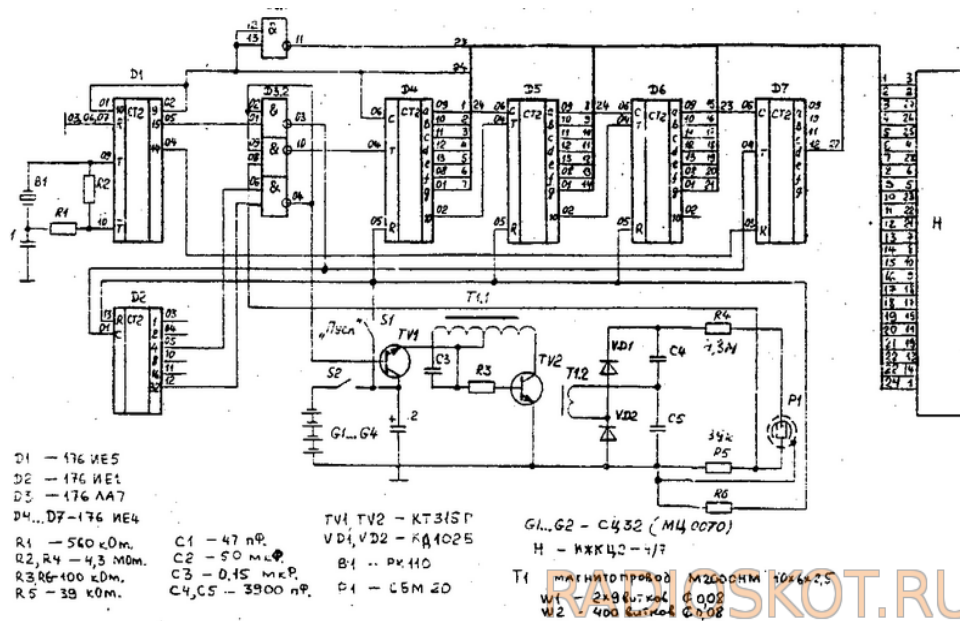


Рисунок 2. Схема дозиметра

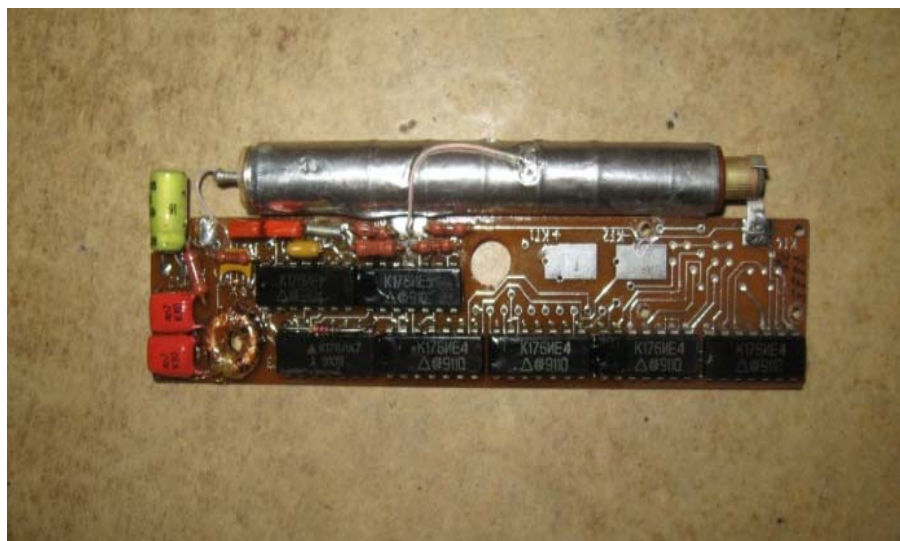
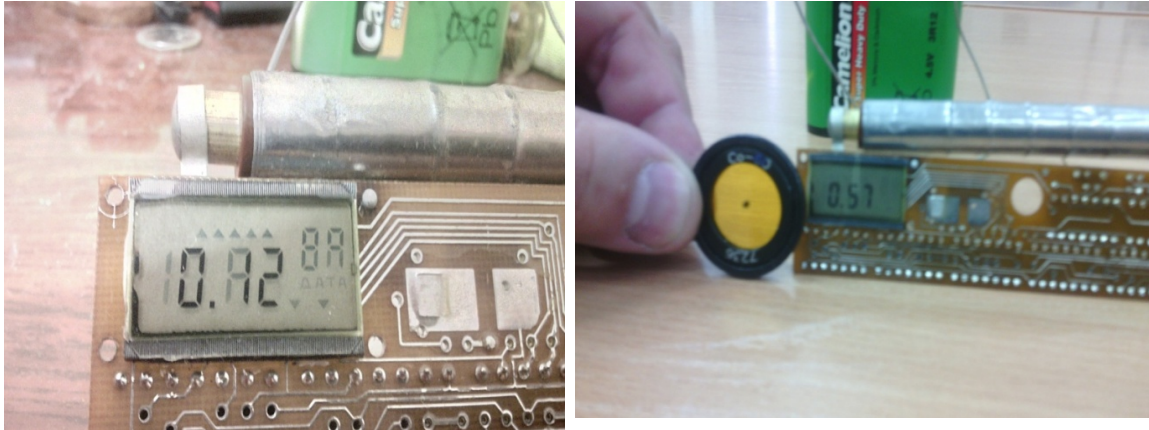


Рисунок 3. Изготовленное устройство

### Регистрация радиоактивного излучения

С помощью этого устройства был зарегистрирован естественный фон радиации, который составляет 12 мкР/ч., а также излучение от изотопа Кобальта 60, которое составляло 54 мкР/ч.



*Рисунок 4. Испытания прибора.*

Также были проведены измерения на различных территориях города Томска, которые приведены в таблице 1 в приложении.

Таким образом, удалось зарегистрировать повышенную радиацию около радиоактивных предметов, естественный фон радиации и районы города Томска, где естественный фон радиоактивного излучения повышен.

#### **Список литературы**

1. Мякишев Г.Я., Буховцев Б.Б., Чаругин В.М. Учебник по физике 11 класс.
2. <http://www.joyta.ru/453-schetchiki-gejgera-myullera/>
3. <http://www.texnic.ru/konstr/oxr/oxr4.html>
4. [http://the-mostly.ru/misc/geiger\\_starter.html](http://the-mostly.ru/misc/geiger_starter.html)
5. <http://dic.academic.ru/dic.nsf/bse/78045/Гейгера>

# ПОЛУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СИНТЕЗ-ГАЗА В СИСТЕМАХ АВТОНОМНОГО ЭНЕРГОСНАБЖЕНИЯ ПУТЕМ ГАЗИФИКАЦИИ НИЗКОСОРТНОГО ВОДОУГОЛЬНОГО ТОПЛИВА

А.В. Губин

*Научные руководители: Ларионов К.Б., ассистент каф. АТЭС ЭНИИ ТПУ;  
Казанцева Л.Х., преподаватель физики МБОУ Лицей при ТПУ г.Томска*

## Введение

Удовлетворение возрастающих энергопотребностей человечества на современном этапе возможно лишь с использованием разных видов энергоисточников (ядерная энергетика, традиционная углеродная энергетика, возобновляемые источники энергии).

На сегодняшний день преобладающее число энергетических предприятий в качестве исходного производственного сырья применяют традиционные виды органических и синтетических топлив [1]. Согласно существующей тенденции развития традиционной энергетике [2], ведущая роль в топливно-энергетическом балансе отдается углю [3].

Поскольку запасы угольного топлива многократно превышают суммарные запасы нефти и газа, в ближайшей перспективе данный вид традиционного топлива рассматривается как ведущий источник электрической и тепловой энергии.

В свою очередь рост потребления угольного топлива приводит к ухудшению экологической ситуации, особенно в тех регионах, где расположены угледобывающие и углеперерабатывающие предприятия [4]. Это связано с тем, что прямое сжигание угля сопровождается значительными выбросами оксидов азота, углерода, серы и золы [5]. В связи с этим, в ведущих странах мира активно ведутся работы по совершенствованию технологий использования угольного топлива, с целью обеспечить повышение экологической и экономической составляющей, а также организовать надежную и безопасную эксплуатацию энергетического оборудования на объектах энергетике. Одним из современных решений в угольно-энергетической промышленности является получение синтез-газа путем газификации водоугольного топлива (ВУТ) с целью его дальнейшего использования в энергетических установках [6].

ВУТ представляет из себя композиционное жидкое топливо, содержащее смесь угольной пыли и воды с добавками поверхностно-активных веществ или без таковых [7].

Согласно работам [8], основными достоинствами ВУТ являются экономические и экологические составляющие, которые позволяют снизить эксплуатационные затраты при хранении и транспортировке топлива на 20–30 %, стоимость 1 тонны условного топлива в 1,5–4 раза, что позволяет уменьшить себестоимость вырабатываемой тепловой энергии в 1,3–4 раза. Эффективная активация ВУТ, коэффициент полезного действия, которого составляет 99,5 %, позволяет уменьшить выбросы в атмосферу оксидов серы (на 20 %), оксидов азота (на 30 %) и других неблагоприятных компонентов.

Переработка основного органического энергоносителя – угля сопровождается образованием отходов. Угольные отходы представляют большую опасность для окружающей среды. Часть этих отходов подвергается захоронению, но основная масса не перерабатывается. К настоящему времени в мире накоплено более 1 млрд. тонн. Перевод данного вида отходов в ВУТ с целью дальнейшего получения синтез-газа позволит не только улучшить экологическую обстановку в данных региона, но и повысит экономический эффект.

При всех выше перечисленных преимуществах, технологический процесс получения синтез-газа путем газификации ВУТ имеет достаточно большой ряд до конца не решенных проблем, связанных с самим механизмом процесса газификации [8], от которых зависит качество получаемого газа и соответственно его эффективное сжигание в энергетических установках. Исходя из вышесказанного, возникает необходимость для всесторонних исследований ВУТ на научно-аналитическом оборудовании.

Целью данной работы является:

- разработка принципиальной схемы использования синтез-газа, получаемого из низкосортного твердого топлива;
- экспериментальное исследование процесса газификации и получаемого состава синтез-газа, с помощью современного научно-аналитического оборудования при различной скорости нагрева ВУТ на основе отходов угольной промышленности и низкосортного бурого угля.



Проект направлен на решение актуальнейшей мировой проблемы повышения экологичности и ресурсоэффективности технологий производства энергии при современном топливном балансе (росте доли потребления твердых топлив).

В процессе работы рассмотрена существующая технологию газификации ВУТ на примере технологического процесса «E-Gas» [9]. На основе имеющегося мирового опыта использования синтез-газа в энергетической отрасли [10] нами предложена технологическая схема использования получаемого синтез-газа путем газификации ВУТ для энергоснабжения автономных объектов.

### **Экспериментальная часть**

Экспериментальные исследования ВУТ проводились с помощью метода синхронного термического анализа на аналитическом оборудовании типа Netzsch STA 449 F3 и сопрягающейся приставки в виде квадрупольного масс-спектрометра QMS 403 D Aeolos для идентификации выделяющегося синтез-газа.

В качестве исходных образцов были использованы шламы каменных углей марок К и СС Кузбасских обогатительных фабрик «Северная» и «Черниговец», соответственно, и бурый уголь марки 2Б месторождения «Бородинское» (Красноярский край). Согласно элементному составу представленных образцов углей, определенных с помощью сканирующего электронного микроскопа JEOL JCM-6000 и ряда технических (паспортных) характеристик выявлено, что наибольшим значением теплотворной способности обладают как раз угольные шламы марок К и СС. Это прежде всего связано с большим содержанием углерода в химическом составе исходного топлива и балластных веществ.

После проведения анализа исходного топлива был проведен гранулометрический анализ с помощью лазерного анализатора размера частиц Analysette 22, который показал, что преобладающая (90 %) размерность пробы составляет в диапазоне 100–140 мкм. Такая тонкость помола свидетельствует о том, что приготовление ВУТ из данного вида образцов не потребует существенных временных и энергетических затрат.

Далее для каждого вида угля были приготовлены пробы ВУТ с помощью валковой мельницы, керамического барабана и мелющих тел того же материала цилиндрической формы. После загрузки, барабан ставился на валки с последующей выдержкой помола в течение двух часов, как показал опыт, данного времени достаточно обеспечить качественное смешение и осуществить дополнительный размол твердой части.

### **Результаты и обсуждение**

При осуществлении процесса газификации углей, основными газовыми компонентами получаемого синтез-газа являются CO, CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, H<sub>2</sub>, а так же не сорбируемые компоненты в виде паров воды, примесей оксидов серы и азота, сероводород и прочее.

В результате проведения экспериментов с различными температурами нагрева в процессе газификации ВУТ, были получены соответствующие составы синтез-газа, позволяющие сделать вывод о том, что с увеличением скорости нагрева снижается выход диоксида углерода CO<sub>2</sub>, что благоприятно сказывается на теплоте сгорания синтез-газа.

При увеличении интенсивности нагрева образцов углей наблюдается снижение концентрации водорода H<sub>2</sub> и метана CH<sub>4</sub>, но при этом увеличивается концентрация монооксида углерода CO. Это вызвано более высокой скоростью реакции окисления CH<sub>4</sub> и H<sub>2</sub> с выделяющейся влагой и кислородом O<sub>2</sub> углей в процессе их нагрева [10].

Зная количественный состав синтез-газа можно определить расчетным путем теплоту сгорания [11]. Из полученных результатов расчетов следует, что скорость нагрева образцов углей существенно влияет на состав получаемого синтез-газа и его теплоту сгорания. У всех рассматриваемых образцов углей максимальное значение теплоты сгорания прослеживается при скорости нагрева 20 °С/мин. Наибольшее значение наблюдается у ВУТ на основе угольных отходов марки СС – 12,24 МДж/м<sup>3</sup>, а минимальное значение у ВУТ на основе бурого угля марки 2Б – 10,64 МДж/м<sup>3</sup>. Разница в значениях составляет около 15 %. Данный эффект вызван в большем содержании углерода в элементном составе угольного образца марки СС, т. к. в результате взаимодействия углерода и воды на выходе образуются СО и H<sub>2</sub>.

Интенсивный прирост в значениях теплоты сгорания у синтез-газа наблюдается в интервале скоростей нагрева от 5 °С/мин до 10 °С/мин. Далее при дальнейшем ее увеличении в интервале от 15 °С/мин до 20 °С/мин наблюдается замедление роста.



## Выводы

В результате проведения экспериментальных исследований был получен синтез-газ из ВУТ на основе отходов угледобывающих и углеобогащительных фабрик марок К и СС, а так же низкосортного бурого угля марки 2Б и установлен количественный химический состав для различных скоростей нагрева суспензий. Проведено исследование показало, что количественный состав синтез-газа при увеличении скорости нагрева имеет линейный характер изменения содержания компонентов. Стоит отметить, что при возрастании скорости нагрева значительно снижается  $\text{CO}_2$ . Также отмечено, что на фоне увеличения горючего компонента  $\text{CO}$ , незначительно снижаются такие соединения как  $\text{CH}_4$  и  $\text{H}_2$ .

Полученная теплотворная способность синтез-газа позволяет сделать вывод о том, что исследуемые ВУТ, могут быть использованы в современных автономных энергоустановках малой мощности [12]. При этом стоит отметить, что полученный синтез-газ из отходов угольной промышленности имеет более высокие показатели качества по теплотворной способности и химическим свойствам нежели низкосортный бурый уголь марки 2Б, что дает дополнительную привлекательность к утилизации данного вида отходов с экономической и экологической стороны.

## Список литературы

1. Гаврилов В.П. Состояние ресурсной базы нефтедобычи в России и перспективы ее наращивания / В.П. Гаврилов // Геология нефти и газа. – 2012. – № 5. – С. 30–38.
2. Газификация угля в энергетике: современное состояние и тренды: Аналитический обзор / Филиппов С.П. и др. // Фонд «Энергия без границ», 2012. – С. 39–42.
3. Дубинин А.М. Трансформация углей в электрическую и тепловую энергию / А.М. Дубинин, С.П. Маврин // Теплоэнергетика. – 2014. – № 7. – С. 30.
4. Воробьев Б.М. Уголь или газ – энергетическая альтернатива XXI века / Б.М. Воробьев // Вестник Российской академии наук. – 2011. – Том 11. №1. – С. 65–69.
5. Чуханов З.В. Некоторые проблемы топлива и энергетики / З.В. Чуханов // М. АН СССР. 1961.
6. Архипов В.А. Исследование физико-химических и энергетических характеристик органоводоугольных топлив / В.А. Архипов, А.М. Сидор, В.Г. Сурков // «Технічна теплофізика та промисловата теплоенергетика». Випуск 5, 2013
7. Пинчук В.А. Исследование и разработка режимов газификации водоугольного топлива / В.А. Пинчук, Т.А. Шарабура, Г.Л. Шевченко // Современная наука, 2010, №3 (5).
8. Долинский А.А. Водоугольное топливо: перспективы использования в теплоэнергетике и жилищно-коммунальном секторе / А.А. Долинский, А.А. Халатов // Пром. Теплотехн. – 2007. – Т. 29. – № 5.
9. Higman C. Gasification / Higman C. – Amsterdam: Elsevier, 2003. – 391 с.
10. Технологии «Shell» для газификации угля. Альтернативные топлива, энергетика Project [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://newchemistry.ru/letter.php?n\\_id=6429](http://newchemistry.ru/letter.php?n_id=6429)
11. ГОСТ 31369-2008 Вычисление теплоты сгорания, плотности, отн. плотности и числа Воббе на основе компонентного состава // Москва, Стандартинформ 2009.
12. Ходаков Г.С. ВУС в энергетике / Г.С. Ходаков // Теплоэнергетика. – 2007. – № 1. – С. 35–45.

# МОДИФИЦИРОВАННЫЙ ЗОЛЬ-ГЕЛЬ МЕТОД ПОЛУЧЕНИЯ $Al_2O_3$

Л. Сметанина

lyuba.smetanina@mail.ru

Научный руководитель: Воронова Г.А., доцент кафедры НМНТ ТПУ,

## Введение

Оксид алюминия – амфотерный оксид [1, с. 6], имеющий множество аллотропных модификаций [2, с. 6].

Высокотемпературный  $\alpha$  –  $Al_2O_3$  химически инертен, негигроскопичен. Порошки корунда используются для создания абразивов, высокопрочной и огнеупорной керамики [3, с. 6].

Существует также ряд низкотемпературных модификаций оксида алюминия. Наиболее широкое применение нашла  $\gamma$ -модификация, в литературе называемая активным оксидом алюминия. Порошки  $\gamma$  –  $Al_2O_3$  нашли применение как катализаторы [4, с. 6] и адсорбенты.

Сейчас существует много методик получения  $Al_2O_3$  в наноструктурном состоянии: вакуумное распыление, лазерное испарение, золь-гель метод.

## Актуальность

В золь-гель синтезе традиционно используются алкоголяты металлов, однако они достаточно дорогостоящие.

В данной работе представлен метод, в котором в качестве реактивов используется нитрат алюминия и яблочная кислота. Использование данных значительно уменьшает стоимость процесса получения оксида алюминия.

## Цель исследования

Целью данной работы является получение оксида алюминия модифицированным золь-гель методом.

## Блок – эксперимент

### I. Синтез $Al_2O_3$

*Реактивы:*  $Al(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$  – х. ч. порошок;  $C_4H_6O_5$  – пищевой порошок.

*Схема эксперимента:*

1. 10 г  $Al(NO_3)_3$  размешиваем в 50мл воды.
2. Добавляем 3 г яблочной кислоты.
3. Нагреваем до 80 °С в течении 3 часов.
4. Помещаем в термостат при 60 °С на сутки.
5. Нагреваем при 80 °С до образования геля.
6. Сушим а термошкафу при 60 °С в течении 2 суток.
7. Спееаем высушенные волокна при 600 °С, 700 °С, 800 °С, 900 °С со скоростью нагрева 5 °С/мин.

### II. Исследование адсорбционной способности образцов

1. Подготовим 3 раствора эозина с различной концентрацией: 4 мг/л, 8 мг/л, 12 мг/л.
2. С помощью электрических весов отмерим 12 мг образца.
3. Замеряем коэффициент пропускания света  $T_{исх}$  без порошка.
4. В 12 мл раствора добавим 12 мг порошка из расчета 1 мг на 1 мл.
5. Проводим измерения коэффициентов  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  и  $T_4$  через 1 час, 2 часа, 3 часа и сутки соответственно с помощью спектрофотометра (Pd Spectrophotometer, Япония) при длине волны 490 нм.
6. Подсчитываем концентрации эозина в растворе  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  и  $C_4$  через 1 час, 2 часа, 3 часа и сутки соответственно по формуле – следствию из закона Бугера–Ламберта–Бера:

$$C = C_{исх} \cdot \frac{D}{D_{исх}},$$

где  $D$  – оптическая плотность, рассчитываемая по формуле:

$$D = -\log T.$$

## Обсуждение результатов

Фазовый состав, полученных образцов, а также ОКР были получены с помощью рентгенофазового анализа. Из результатов РФА следует, что порошки, прокаленные при 600 и 700 °С, представ-

ляют собой аморфный  $Al_2O_3$ , порошки же, подвергнутые термообработке при 800 и 900 °С представляют собой  $\gamma-Al_2O_3$ .

Эксперимент по адсорбции эозина проводился в два этапа, в первом случае при помещении порошка в раствор производилось ручное перемешивание. Во втором случае мы подвергали растворы ультразвуковому воздействию.

Для первого случая (рис. 1) видно, что количество адсорбированного эозина незначительно во всех случаях. При концентрации эозина 4 мг/л и 8 мг/л большую адсорбционную способность показал образец, отожжённый при 800 °С. При концентрации эозина 12 мг/л большую адсорбционную способность показал образец, отожжённый при 700 °С.

Для второго случая (рис. 2) видно, что количество адсорбированного эозина выше, чем в эксперименте без применения ультразвука. При концентрации эозина 4 мг/л, 8 мг/л, 12 мг/л большую адсорбционную способность показал образец, отожжённый при 900 °С.

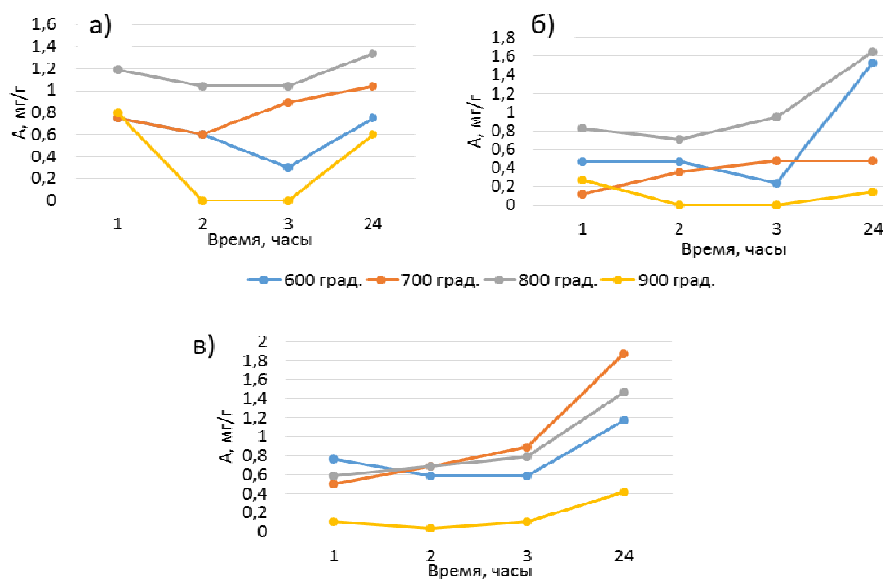


Рисунок 1. Зависимость величины адсорбции эозина от времени при: а - концентрации эозина 4 мг/л; б - при концентрации эозина 8 мг/л; в - при концентрации эозина 12 мг/л (без применения ультразвука)

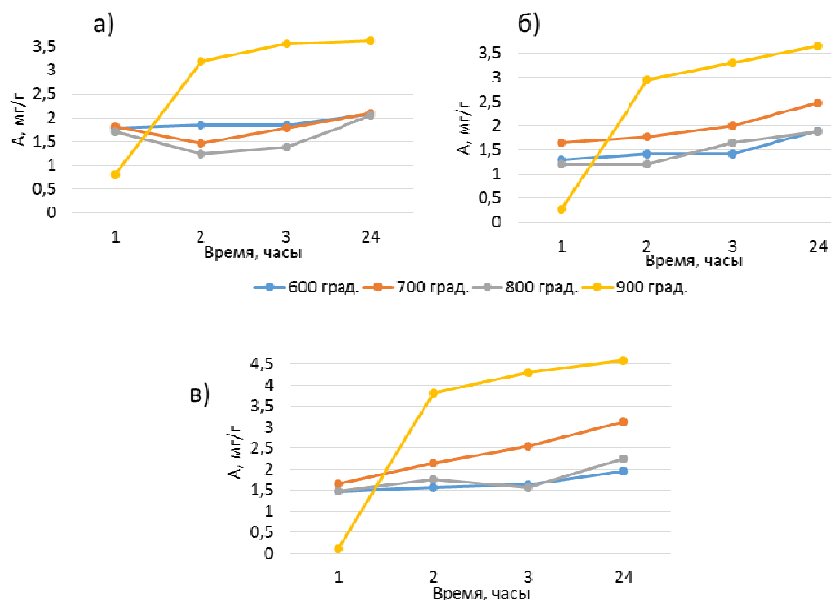


Рисунок 2. Зависимость величины адсорбции эозина от времени при: а - концентрации эозина 4 мг/л; б - при концентрации эозина 8 мг/л; в - при концентрации эозина 12 мг/л (с применением ультразвука)

### **Заключение**

В результате проделанной работы нами были получены образцы аморфного и активного оксида алюминия, а также гамма фаза, с небольшим содержанием корунда.

Способность порошков к адсорбции озона позволяет сделать вывод о том, что поверхность частиц порошка заряжена положительно.

Модифицированный золь-гель метод получения оксида алюминия требует большего количества времени, чем традиционный метод, но является менее дорогостоящим.

### **Список литературы**

1. Рабинович В.А. Краткий химический справочник / В.А. Рабинович. – Ленинград : Химия, 1991. – 432 с.
2. Котов Ю.А. Характеристики нанопорошков оксида алюминия, полученных методом электрического взрыва проволоки / Ю.А. Котов, А.В. Баразеев // Российские Нано Технологии. – 2007. – № 7–8. – Т. 2. – С. 109–115.
3. Хасанов О.Л. Новые методы компактирования сухих нано- и полидисперсных порошков под ультразвуковым воздействием и коллекторным способом. Консолидация керамических наноматериалов методом SPS / О.Л. Хасанов // Томский политехнический университет. – 2010.
4. Debecker D. Genesis of active and inactive species during the preparation of MoO<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub>-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> metathesis catalysts via wet impregnation / D. Debecker, M. Stoyanova, U. Rodemerck, B. Su, E. Gaigneaux, Leonard // Catalysis today. – 2011. – Vol. 169. – P. 60–68.

## РАСЧЕТ ПОТЕРЬ СВЕТОВОГО ПОТОКА ПРИ ОСВЕЩЕНИИ ТЕПЛИЦ В НОЧНОЕ ВРЕМЯ

К.В. Смолякова, С.Е. Темник

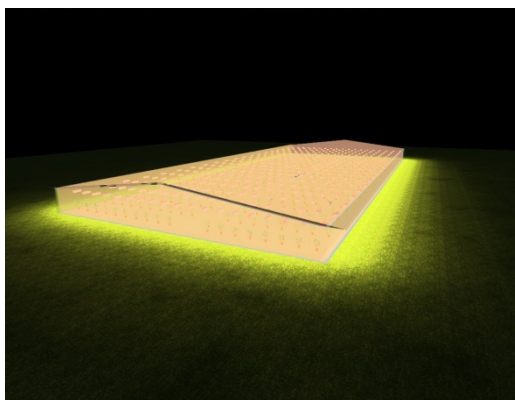
sofya.temnik@yandex.ru

*Научный руководитель: Туранов С.Б., инженер-исследователь каф. ЛиСТ ИФВТ ТПУ*

В настоящее время, выращивание культур в защищенном грунте - это одна из самых быстро и эффективно развивающихся отраслей сельского хозяйства. Одним из самых перспективных направлений развития является модернизация тепличных облучательных установок, т. к. в агропромышленном комплексе на цели облучения растений затрачивается около 20 % всей потребляемой электрической энергии [1].

Большинство теплиц изготавливается из светопропускающих материалов [2]. При освещении таких теплиц в ночное время, значительная часть света проходит через прозрачные элементы и расходуется впустую. Что приводит к перерасходу электроэнергии и световому загрязнению.

В связи с этим, целью нашей научно-исследовательской работы является расчет потерь светового потока через светопропускающие элементы промышленных теплиц. Для решения вышеуказанной проблемы, была рассчитана и построена модель промышленной теплицы в программе DIALux EVO, площадь которой составила 141,75 м<sup>2</sup>. (См. Рис.1). В качестве материала для прозрачных элементов было выбрано стекло (коэффициент пропускания 88 %). Для моделирования освещения были выбраны светильники ЖСП Агро мощностью 640 Вт, световой поток, которых составляет – 59,5 клм.



*Рисунок 1. Модель промышленной теплицы*

Расчет потерь света через светопропускаемые элементы теплицы, производился по формуле:  $100 \cdot \frac{\Phi_2}{\Phi_1}$ , где  $\Phi_1$  – это суммарный поток света, прошедший через все стекла теплицы, а  $\Phi_2$  – это суммарный поток света, излучаемый всеми установленными в теплице светильниками.

С помощью программы DIALux EVO была рассчитана средняя освещенность на внутренней и внешней поверхности теплицы. Далее, по приведённым выше формулам, было определено, что поток света, упавший на стекло ( $\Phi_1$ ), составил 20,99 Млм, а поток света, прошедший через стекло ( $\Phi_2$ ), составил 4,91 Млм.

На основании полученных данных, была рассчитана величина потерь светового потока через светопропускающие элементы теплицы, которая составила 23,4 %.

Расчитанные потери являются весомыми, т. к. на освещение расходуется около 15–20 % всей потребляемой агропромышленным комплексом электроэнергии. Можно предложить следующие варианты решения данной проблемы:

1. Светонепроницаемые шторы, которые в ночное время суток будут предотвращать выход излучения за пределы теплицы.
2. Постройка теплиц закрытого типа с использованием высоко энергоэффективных источников света.

### Список литературы

1. Белов В.В. Выбор эффективных систем облучения растений защищенного грунта / В.В. Белов, Ю.Н. Семенов, С.А. Овчукова // XI международная научно-техническая конференция «Проблемы и перспективы развития отечественной светотехники, электротехники и энергетики» – Саранск : изд-во Афанасьев В.С., 2013. – 193 с
2. Нормы технологического проектирования теплиц и тепличных комбинатов для выращивания овощей и рассады НТП 10-95. – URL: [http://ohranatruda.ru/ot\\_biblio/normativ/data\\_normativ/8/8604/](http://ohranatruda.ru/ot_biblio/normativ/data_normativ/8/8604/) (дата обращения: 28.02.2016).

Научное издание

**РЕСУРСОЭФФЕКТИВНЫМ ТЕХНОЛОГИЯМ – ЭНЕРГИЮ  
И ЭНТУЗИАЗМ МОЛОДЫХ**

Сборник научных трудов  
VII Всероссийской конференции

**Издано в авторской редакции**

Компьютерная верстка *В.Д. Пяткова*

**Зарегистрировано в Издательстве ТПУ  
Размещено на корпоративном портале ТПУ**



**Издательство**

ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ