

# ТЕМАТИКИ НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ИГЭУ

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный  
энергетический университет им. В.И. Ленина»

ЛЕДУХОВСКИЙ ГРИГОРИЙ ВАСИЛЬЕВИЧ  
РЕКТОР  
+7 (4932) 269-999, 269-696  
OFFICE@ISPU.RU

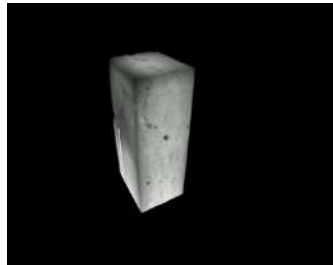
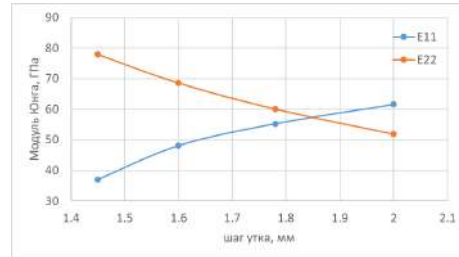
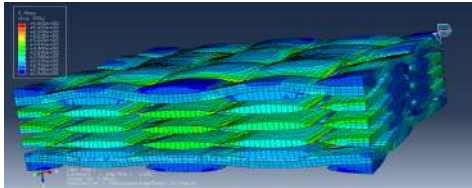


# РАЗРАБОТКА НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ ОБЪЕМНЫХ ТКАНЫХ СТРУКТУР



## Основные характеристики углеродного волокна

Предел прочности при растяжении <sup>1</sup>	4,2 ГПа
Модуль упругости при растяжении <sup>1</sup>	240 ГПа
Удлинение при разрыве	1,5%
Линейная плотность	390 текс
Объемная плотность	1,77 г/см <sup>3</sup>
Содержание углерода	Более 95%
Тип аппрета <sup>2</sup>	EP
Массовая доля аппрета <sup>2</sup>	0,8-1,5%



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Разработка специальных трехмерных переплетений и математических моделей переплетений
2. Разработка цифровых многомасштабных моделей композитных материалов на основе объемных тканых структур, теоретические исследования эффективных физико-механических свойств композитов на мезоуровне с применением высокоадекватного компьютерного моделирования
3. Разработка технологий трехмерного ткачества, изготовление образцов трехмерных преформ и композитных объемных структур
4. Экспериментальные исследования физико-механических характеристик трехмерных тканых структур и композитных материалов на их основе

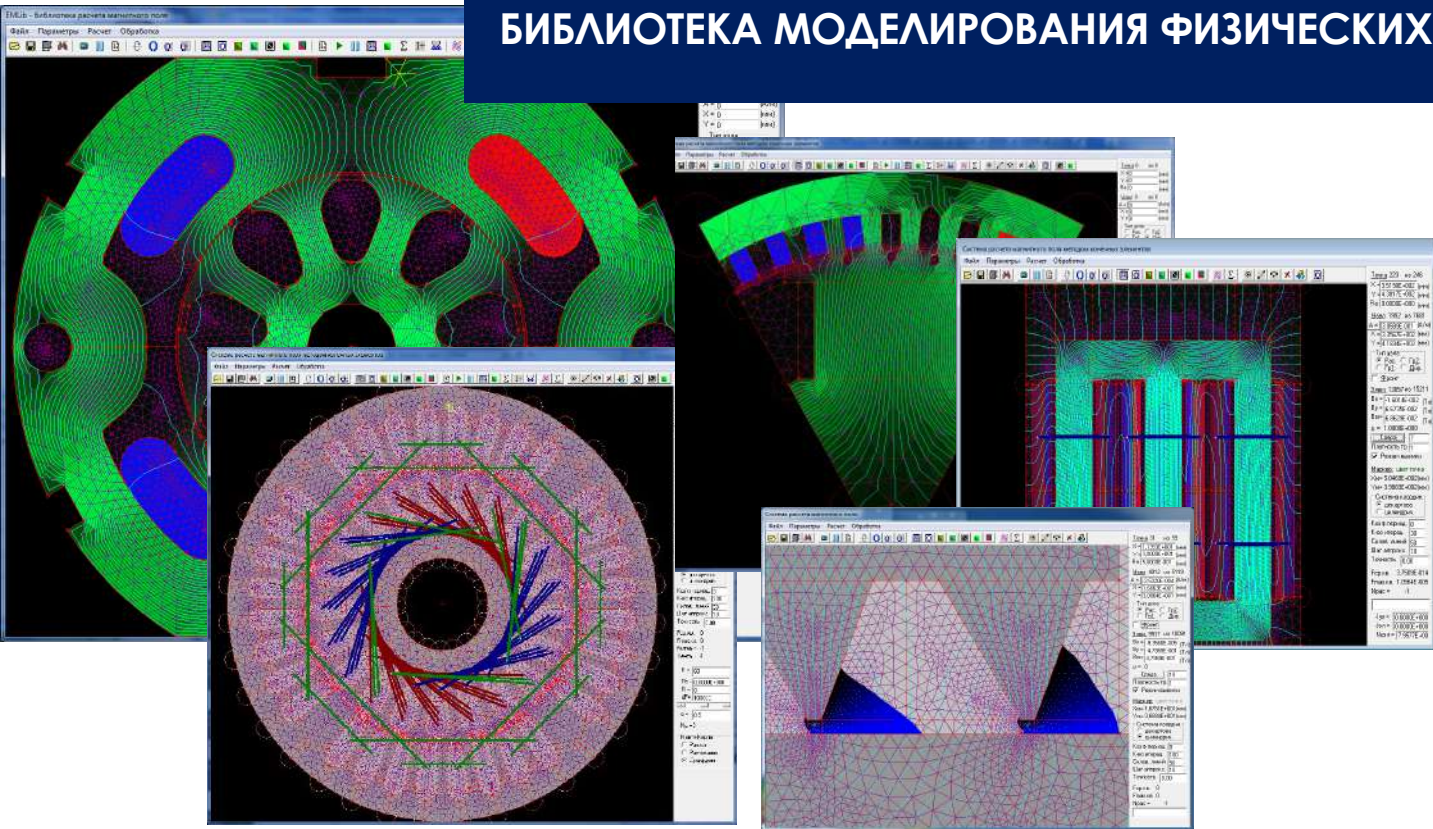
## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ВЫПОЛНЕНЫ В РАМКАХ ГРАНТА РФФИ, ПРОЕКТ № 20-41-370002 «РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБЪЕМНЫХ ТКАНЫХ СТРУКТУР И ИССЛЕДОВАНИЕ НОВЫХ КОМПОЗИТНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИХ ОСНОВЕ» (2021 – 2023, РУК. Д.Ф.-М.Н. МАСЛОВ Л.Б.)

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

1. Высокотехнологичное машиностроение (авиастроение, ракетостроение, энергетическое и атомное машиностроение и т.д.) – производство деталей машин и оборудования, работающих в условиях значительных динамических нагрузок и высоких температур, с заданными упруго-прочностными свойствами, не достижимыми при использовании классических производственных технологий и однородных материалов
2. Тканевая инженерия и персонализированная медицина – цифровое проектирование индивидуальных эндопротезов с прогнозируемыми физико-механическими свойствами

# БИБЛИОТЕКА МОДЕЛИРОВАНИЯ ФИЗИЧЕСКИХ ПОЛЕЙ EMLIB



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Библиотека EMLIB позволяет рассчитывать методом конечных элементов и анализировать стационарные физические поля (магнитные, электрические, тепловые, поле диффузии и т.п.) в двухмерной плоскопараллельной или осесимметричной постановке.
2. Может быть внедрена в любые разрабатываемые прикладные приложения и в приложения, имеющие встроенные средства программирования, в частности, Excel, MatLab, MathCAD, AutoCAD, SolidWorks, КОМПАС и т.п.
3. Позволяет создавать собственные параметрические генераторы полевых моделей (наиболее близкий аналог Maxwell RMXprt).
4. Комбинируется с любыми пользовательскими моделями, в частности, с цепными. Позволяет проводить исследования электротехнических устройств с использованием результатов расчета физических полей по созданным пользователем программам в интерактивном или пакетном режимах.

## ВНЕДРЕНИЯ

БИБЛИОТЕКА EMLIB ЯВЛЯЕТСЯ РЕЗУЛЬТАТОМ НАУЧНЫХ РАЗРАБОТОК, ОСУЩЕСТВЛЯЕМЫХ В ИГЭУ С 1970-Х ГОДОВ.

EMLIB ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ НЕ УСТУПАЕТ АНАЛОГАМ (В ЧАСТНОСТИ, ELCUT). ПОЗВОЛЯЕТ ПРОВОДИТЬ УНИКАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.

БЫЛА ИСПОЛЬЗОВАНА КАК В КАЧЕСТВЕ АВТОНОМНОЙ СИСТЕМЫ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ УСТРОЙСТВ, ТАК И В КАЧЕСТВЕ ИНТЕГРИРОВАННЫХ КОМПОНЕНТОВ САПР ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ МАШИН, ТРАНСФОРМАТОРОВ И РЕАКТОРОВ, РАЗРАБОТАННЫХ В ИГЭУ В РАМКАХ МНОГОЧИСЛЕННЫХ ХОЗДОГОВОРОВ С ПРЕДПРИЯТИЯМИ ЭЛЕКТРОМАШИНОСТРОЕНИЯ.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. Библиотека EMLIB относится к классу систем инженерного анализа (CAE) и может быть использована в качестве интегрированного компонента прикладных приложений научно-технического характера (САПР, АСНИ, CAD и т.п.). Наиболее близким аналогом библиотеки EMLIB является пакет ELCUT.
2. Функционал библиотеки ориентирован в первую очередь на решение задач проектирования и исследования новых исполнений электрических машин, трансформаторов, реакторов, дросселей и т.п.
3. Может быть использована при создании цифровых двойников и при порождающем проектировании электрических машин.

# САПР СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ ДО 35 КВ (TRANSCAE)

The screenshot displays the TRANSCAE software interface. On the left, a technical drawing shows the internal structure of a transformer with various components labeled. In the center, a table titled 'Техническое задание' (Technical Specification) lists key parameters. On the right, a 3D simulation shows the magnetic field distribution within the transformer core, with green and red lines indicating field lines. Below the table, a graph shows the magnetic field distribution.

Техническое задание	
<b>Основные</b>	
Тип трансформатора	ТМ
Климатическое исполнение	У
Бак	Масляный
Расширитель	Расширитель
Класс изоляции	А
<b>Трансформатор</b>	
Мощность	1000 кВА
Число фаз	3
Частота	50 Гц
Марка стали	3909
Откид стали	Нестомованная
Толщина стали	0,3
Схема шихтовки	Плоские стыки
Звукоизоляция	Пластины отожжены, лакировка с воздушным охлаждением
<b>Испытательные напряжения</b>	
Испытательное напряжение обмотки НН	3 кВ
Испытательное напряжение обмотки ВН	85 кВ
<b>Конструктивные коэффициенты</b>	
Кэф. в формуле приведенного канала рассеяния (для медных проводников)	0,50
Кэф. коэффициент радиального размера ОНН	1,4
Кэф. коэффициент геометрии (соотношение основных размеров)	1,462
Кэф. коэффициент Роговского	0,967
Кэф. коэффициент потерь в металлоконструкциях	0,980
	0,03

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА/ВНЕДРЕНИЯ

СИСТЕМА TRANSCAE ЯВЛЯЕТСЯ РАЗВИТИЕМ РЕЗУЛЬТАТОВ РАБОТЫ ЛАБОРАТОРИИ САПР ТРАНСФОРМАТОРОВ, СОЗДАННОЙ В ИГЭУ В 1970-Х ГОДАХ, РАЗРАБОТАВШЕЙ В СССР СОВМЕСТНО С ВИТ ОТРАСЛЕВУЮ САПР ТРАНСФОРМАТОРОВ КЛАССА НАПРЯЖЕНИЯ ДО 35 КВ.

В СОВРЕМЕННОЙ ВЕРСИИ САПР TRANSCAE ВНЕДРЕНА НА ТРЕХ ЗАВОДАХ. СИСТЕМА НЕ УСТУПАЕТ ПО ЭФФЕКТИВНОСТИ СОВРЕМЕННЫМ САПР ТРАНСФОРМАТОРОВ, ПОЗВОЛЯЕТ НАХОДИТЬ ОПТИМАЛЬНОЕ РЕШЕНИЕ, ГЕНЕРИРОВАТЬ КОМПЛЕКТЫ ЧЕРТЕЖЕЙ ДЛЯ НЕСКОЛЬКИХ ТИПОИСПОЛНЕНИЙ, ИМЕЕТ ВСТРОЕННУЮ ПОДСИСТЕМУ ИНЖЕНЕРНОГО АНАЛИЗА, ОТКРЫТА К ИЗМЕНЕНИЯМ.

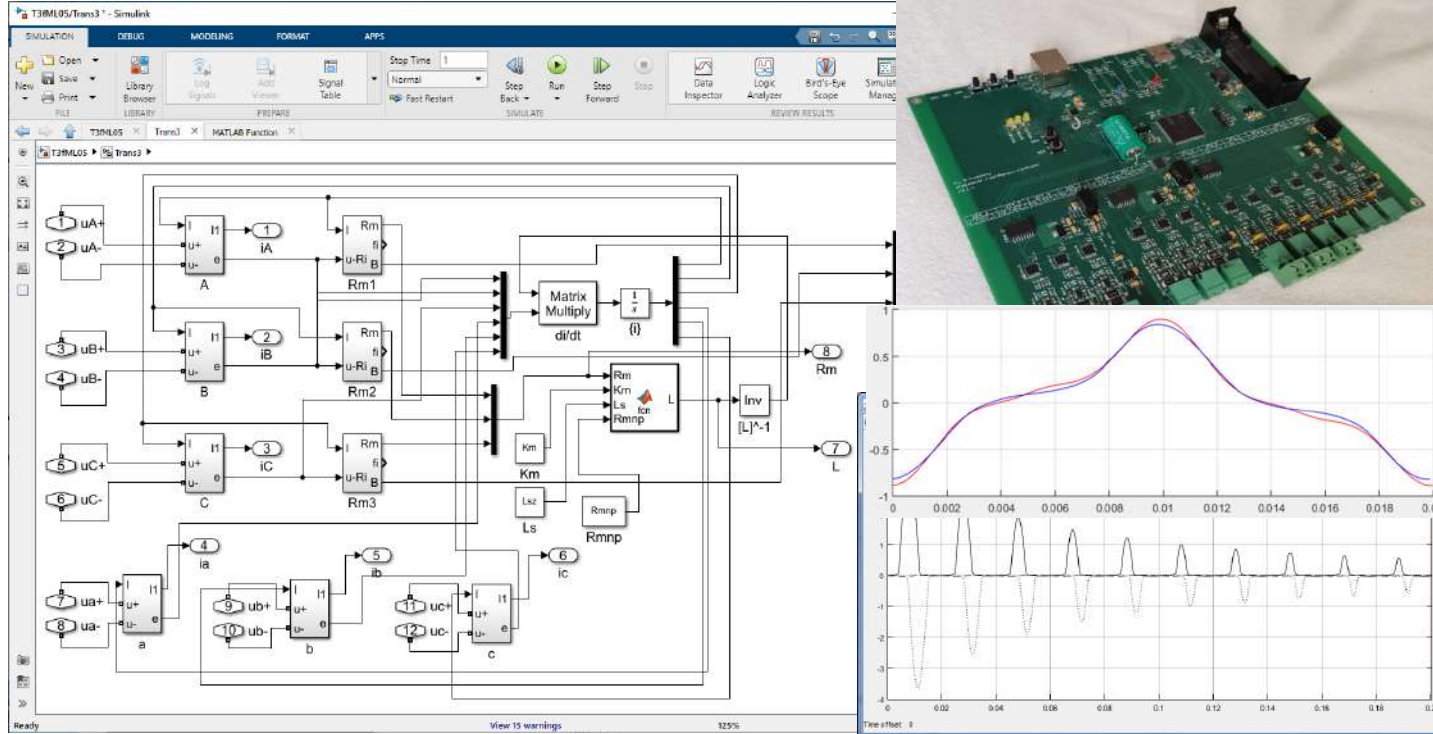
## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Расчет 3-х фазных 2-х обмоточных трансформаторов ТС, ТСЛ, ТМ и ТМГ с гофробаком, с гладким баком с навесными радиаторами, с регулированием напряжения типа ПБВ.
2. Мощности трансформаторов  $25 \div 2500$  кВА, класс напряжения 6 – 35 кВ, методики расчета соответствуют РД, магнитопровод плоский или пространственный, шихтованный по схеме Stap-Lap или витой, электротехническая сталь холоднокатанная или аморфная.
3. Встроенная подсистема инженерного анализа позволяет автоматически генерировать и исследовать модели основного магнитного поля и поля рассеяния, создавать и исследовать цепные имитационные модели трансформаторов произвольных исполнений.
4. Достаточно простая технология модификации системы для проектирования специальных трансформаторов.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ:

1. Проектирование и конструкторская проработка проектов трансформаторов типовых исполнений.
2. НИОКР трансформаторов специальных исполнений, для которых на данном предприятии отсутствуют апробированные расчетные методики.
3. Может быть использована на предприятиях, выпускающих или ремонтирующих силовые трансформаторы.

# ЦИФРОВЫЕ ДВОЙНИКИ СИЛОВЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Цифровой двойник трансформатора представляет собой цепную имитационную модель устройства, калиброванную по осциллограммам, снятым с помощью разработанного для этой цели 12-канального регистратора на реальном трансформаторе. Данная имитационная модель позволяет получить практически полное совпадение кривых изменения во времени мгновенных величин, характеризующих работу смоделированного трансформатора в установившихся и переходных режимах, с осциллограммами реального устройства.
2. Технологическая платформа для разработки цифровых двойников трансформаторов представляет собой аппаратно-программный комплекс, включающий в себя 12-ти канальный регистратор с системой датчиков для осциллографирования величин, характеризующих работу реального трансформатора в произвольных режимах, программные средства для разработки и калибровки имитационных моделей, средства имитации произвольных режимов работы реального устройства на цифровом двойнике.

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ / ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

ТЕХНОЛОГИЯ СОЗДАНИЯ ЦИФРОВЫХ ДВОЙНИКОВ ТРАНСФОРМАТОРОВ БЫЛА РАЗРАБОТАНА НА БАЗЕ ТЕХНОЛОГИИ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ТРАНСФОРМАТОРОВ ПРОИЗВОЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ.

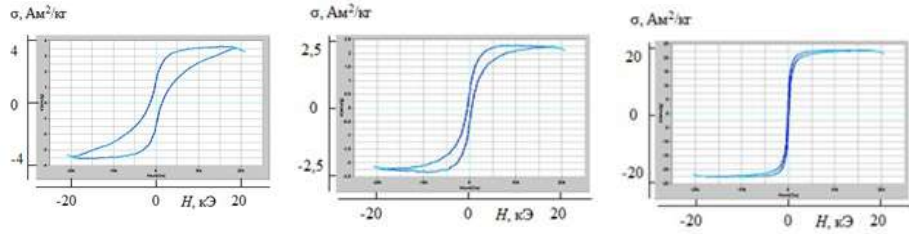
ПО ДАННОЙ ТЕМАТИКЕ ЗАЩИЩЕНА ОДНА ДОКТОРСКАЯ И ЧЕТЫРЕ КАНДИДАТСКИЕ ДИССЕРТАЦИИ.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТЕХНОЛОГИИ ПОДТВЕРЖДЕНА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНО ПУТЕМ СРАВНЕНИЯ ОСЦИЛЛОГРАММ ТОКОВ ФАЗНЫХ ОБМОТОК РЕАЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ С РЕЗУЛЬТАТАМИ МОДЕЛИРОВАНИЯ НА ЦИФРОВОМ ДВОЙНИКЕ.

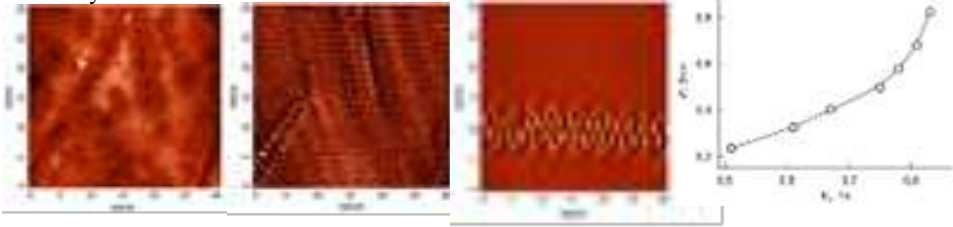
## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ:

1. Сетевые компании, использующие цифровые двойники трансформаторов для превентивного анализа возможности реализации планируемых режимов эксплуатации конкретного трансформатора, а также для анализа текущего состояния трансформатора, особенно после возникновения аварийных ситуаций.
2. Заводы, изготавливающие трансформаторы, для поиска неисправностей произведенной продукции путем сопоставления результатов приемо-сдаточных испытаний с идеализированным вариантом устройства.

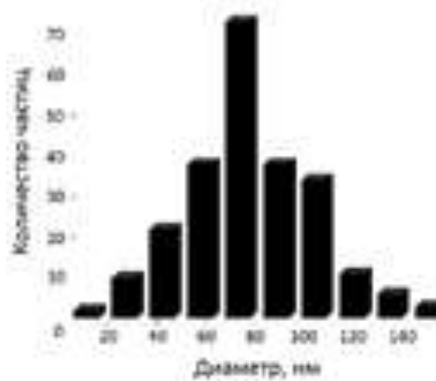
# ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИХ МАТЕРИАЛОВ ПОСРЕДСТВОМ ИХ МАГНИТОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ



Петли магнитного гистерезиса аморфного сплава  $Al_{85}Fe_7Ni_5La_3$ , полученные с использованием вибрационного магнитометра, в исходном состоянии (левый рис.) и после магнитоимпульсной обработки 10 (средний рис.) и 30 (правый рис.) импульсами.



Крайний левый рис. – изображение участка свободной поверхности аморфного сплава фольги  $Fe(Ni, Cu)(SiB)$ , полученное методом атомно-силовой микроскопии. Следующий рис. – изображение этого же участка фольги, полученное методом магнитно-силовой микроскопии после магнитоимпульсной обработки; видны полосовые и замыкающие магнитные домены. Следующий рис. – изображение участка фольги с замыкающими доменами в нижней части рисунка, появившимися после магнитоимпульсной обработки. Область сканирования для всех рис.  $30 \times 30$  мкм, количество импульсов - 20. Крайний справа рис. – зависимость удельных потерь от магнитной индукции поля.



Распределение зёрен аморфного сплава по размерам (нм), полученное с использованием методов атомно-силовой микроскопии. Изменений структуры поверхности после магнитоимпульсной обработки не обнаружено.

Установлено, что магнитоимпульсная обработка аморфизированной электротехнической стали способствует увеличению её удельной намагниченности насыщения, остаточной намагниченности и коэффициента прямоугольности петли магнитного гистерезиса. Такие изменения связаны с повышением степени порядка в расположении атомов в материале и уменьшении уровня его аморфизации. Предполагается, что механизм наблюдаемых процессов связан с упорядочением магнитной спин-системы стали под влиянием импульсного магнитного поля.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

1. В аморфных сплавах в результате магнитоимпульсной обработки имеет место эволюция локальных неоднородностей, существенное изменение ближнего порядка в расположении атомов. Механизм эффектов может быть связан с иницированием процессов самоорганизации, обеспечивающих изменение локальной конфигурации ближнего порядка, уменьшающих параметры наноразмерных участков сплава.

2. При изучении магнитных свойств ленточных аморфных сплавов  $Fe(Ni, Cu)(SiB)$ , полученных методом сверхбыстрого охлаждения при распылении расплава на вращающемся медном барабане установлено, что до магнитоимпульсной обработки доменной структуры на поверхности лент не наблюдалось, а после магнитоимпульсной обработки в областях, удалённых от крупных дефектов, были обнаружены полосовые домены, направленные вдоль линии прокатки, намагниченность которых параллельна поверхности образца. Появление таких доменов обычно обусловлено внутренними напряжениями в образце. Если сплав не является совершенно гомогенным и содержит включения либо дефекты (разрывы, царапины) то вокруг них образуются замыкающие домены, т.н. клиновидные домены Нееля. Стенки доменов прикрепляются к таким включениям прочнее, чем к участкам гомогенного материала, движение стенок в этой области замедляется и уменьшается магнитостатическая энергия. Замыкающие домены наблюдались после магнитоимпульсной обработки на дефектах структуры на свободной поверхности фольги.

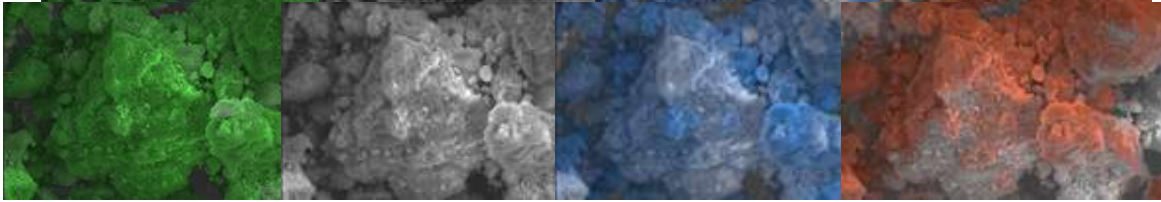
3. Воздействие слабыми импульсами магнитного поля на конденсированное вещество не требует создания и использования сложного и дорогостоящего оборудования.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

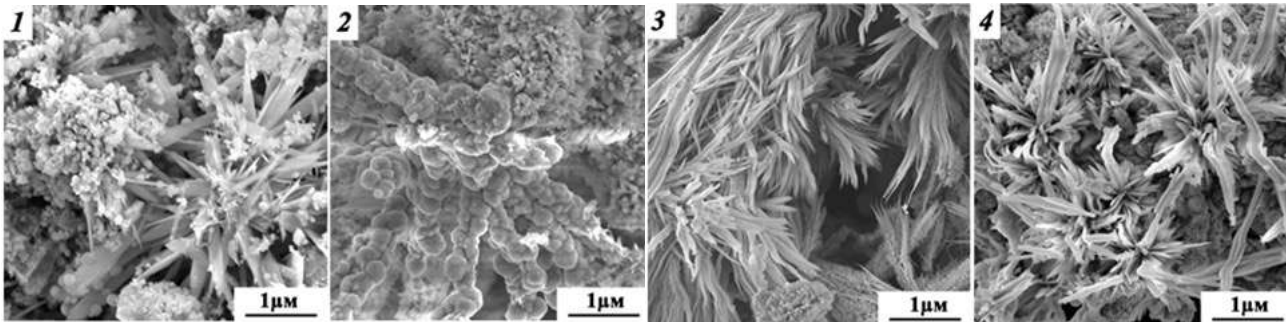
Результаты исследований опубликованы в 22 статьях, в т.ч. 11 статьях в журналах из баз данных Scopus и Web of Science.

# СИНТЕЗ И ИССЛЕДОВАНИЯ СОСТАВА И МАГНИТНЫХ СВОЙСТВ КОМПОЗИТОВ УЛЬТРАДИСПЕРСНЫХ ЧАСТИЦ НА ОСНОВЕ ЖЕЛЕЗА И НИКЕЛЯ, ПОЛУЧЕННЫХ В УСЛОВИЯХ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ПОДВОДНОЙ ПЛАЗМЫ

Композиционные материалы на основе наноразмерных частиц никелевого феррита и оксидов железа вызывают интерес из-за специфических свойств, обеспечивающих их применение в УВЧ- и СВЧ технике, в устройствах записи и хранения информации. Сосуществование в таких материалах наноразмерных частиц  $\text{NiFe}_2\text{O}_4$  и  $\epsilon\text{-Fe}_2\text{O}_3$  обеспечивает способность подавлять электромагнитные помехи и стабилизировать коэффициент электромагнитного пропускания, а также проявление специфических магнитоэлектрических свойств. Синтез наноструктур осуществлялся при действии низкотемпературной плазмы электрического разряда в дистиллированной воде.



Цветокodированные микрофотографии структуры синтезированных материалов. Цвет отвечает распределению элементов на микрофотографии (слева направо): Fe, Cr, Ni, O. Катод Fe, анод NiCr, ток разряда 0,25 А.



Микрофотографии структуры синтезированных материалов: 1 – катод Fe, анод Ni, ток разряда 0,25 А; 2 – катод Fe, анод Ni, ток разряда 0,5 А; 3 – катод Ni, анод Fe, ток разряда 0,25 А; 4 – катод Ni, анод Fe, ток разряда 0,5 А.

Наночастицы Ni-Cr-шпинели, оксиды никеля и хрома с антиферромагнитным упорядочением могут быть использованы при производстве сенсоров, электролизеров, запоминающих устройств, катализаторов и др. А низкотемпературная плазма в контакте с жидкостью является перспективным инструментом для синтеза таких наноструктур и нанокомпозитов, поскольку изменение параметров подводной плазмы позволяет управлять составом и свойствами синтезируемых структур.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

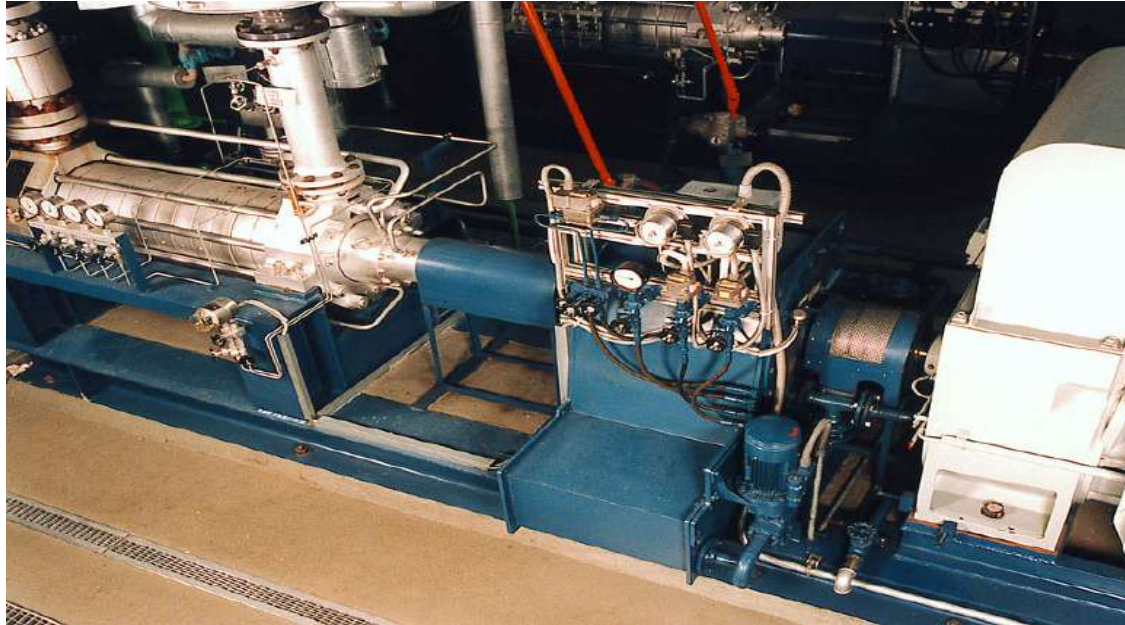
1. Исследованы порошки синтезированных материалов, полученных с использованием пар электродов: Fe-электрода и Ni или NiCr-электродов в различных сочетаниях. Размер частиц дисперсной фазы оценивался по результатам динамического рассеяния света, морфологию поверхности и элементный состав получаемых образцов анализировали при помощи растрового электронного микроскопа, оборудованного системой энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии, исследования элементного состава проводили методом рентгенофазового анализа, анализ химического и электронного состояния атомов проводился методом рентгеновской фотоэлектронной спектроскопии, магнитные свойства анализировались с использованием вибрационного магнетометра, мессбауэровские спектры получены при комнатной температуре;

2. Установлено, что увеличение силы тока плазмы разряда не оказывало существенного влияния на скорость распыления катода, но заметно влияло на скорость распыления анода. На рентгенограммах всех синтезированных образцов присутствовали рефлексы, относящиеся к слоистой структуре. Синтезированные продукты не являлись однофазными и представляли собой смесь оксидов железа, никеля и хрома. Показано, что низкотемпературная подводная плазма является эффективным инструментом синтеза нанокомпозитов на основе оксидов металлов, прекурсорами которых являются металлические электроды. Полученные результаты указывают на возможность формирования в условиях подводной плазмы различных модификаций оксидов железа с частичным замещением ионов железа другими ионами, относящимися к семейству железа, что может влиять на электромагнитные свойства наночастиц порошков.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

Результаты исследований опубликованы в 5 статьях, в т.ч 3 статья в журналах из баз данных Scopus и Web of Science.

# ОПТИМАЛЬНЫЙ АЛГОРИТМ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НАСОСОВ ОСНАЩЁННЫХ ГИДРОМУФТАМИ ИЛИ ЧРП



## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

Имеется положительный опыт разработки и внедрения оптимального алгоритма регулирования питательных насосов с гидромuftами на объекте ПАО «Интер РАО».

Разработанный алгоритм в 2019 году успешно внедрён в ПТК АСУ ТП энергоблока №2 Северо-Западной ТЭЦ (г. Санкт-Петербург).

Данная разработка включена в реестр инновационных решений ПАО «Интер РАО» (шифр 2019-КО-1)

## ТЕХНИЧЕСКАЯ СУТЬ ПРОЕКТА

В настоящее время для регулирования частоты вращения центробежных насосов применяются следующие устройства:

- Регулируемые гидродинамические муфты (гидромuftы), которые устанавливаются между нагнетателем и электродвигателем.
- Тиристорные преобразователи частоты, образующие вместе с электродвигателем частотно регулируемый привод (ЧРП).

Практика показывает, что установленные на насосных или компрессорных агрегатах гидромuftы или ЧРП дают недостаточный энергосберегающий эффект из-за несовершенства существующих алгоритмов регулирования.

Поэтому целью данного научного исследования является разработка для различных типов насосов оптимального алгоритма регулирования, позволяющего полностью использовать потенциал энергосбережения, заложенный в гидромuftах и ЧРП.

Работа по данному направлению состоит из следующих этапов:

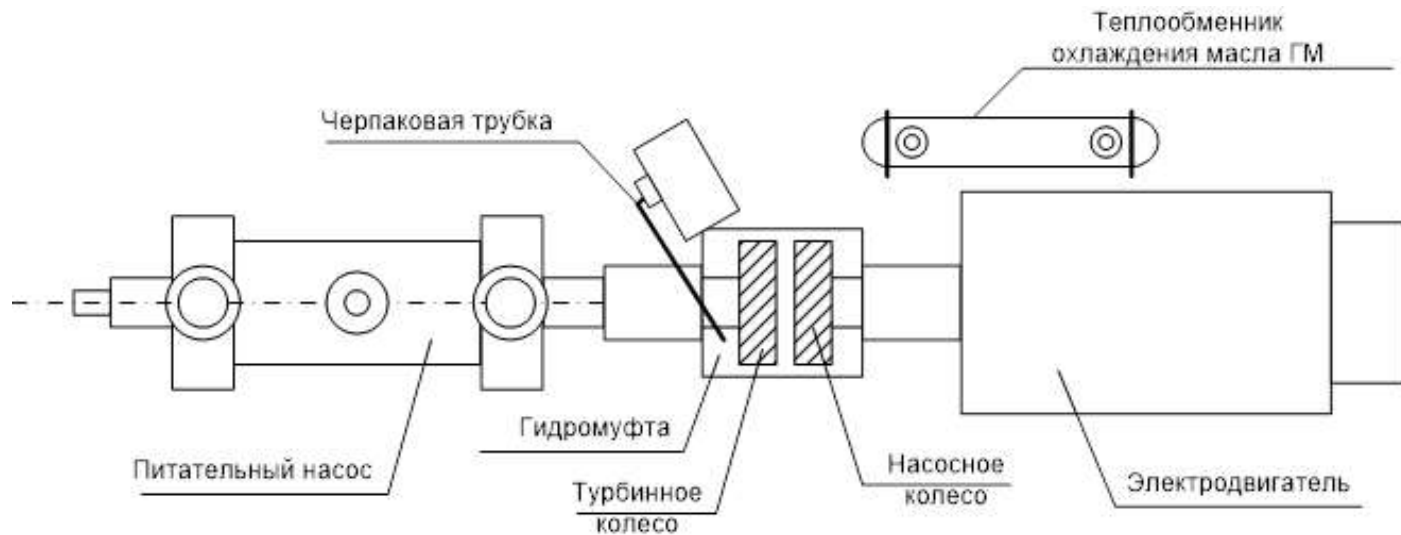
- Разработка методики оптимального управления группы насосов, оснащённых гидромuftами или ЧРП;
- Разработка на основе методики оптимального алгоритма регулирования и его внедрение в программно-технический комплекс АСУ ТП объекта.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

1. Центробежные насосы всех типов, установленные на объектах энергетики: АЭС, ТЭС, ТЭЦ, котельные.
2. Центробежные насосы и компрессоры всех типов, установленные на промышленных предприятиях.



# ИНФОРМАЦИОННО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА ДЛЯ РАСЧЁТА ЭФФЕКТА ОТ ПРИМЕНЕНИЯ ЧАСТОТНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ НА НАСОСАХ И КОМПРЕССОРАХ



## ТЕХНИЧЕСКАЯ СУТЬ ПРОЕКТА

В настоящее время для регулирования частоты вращения центробежных насосов и компрессоров применяются:

- Регулируемые гидродинамические муфты (гидромуфты), которые устанавливаются между нагнетателем и электродвигателем.
- Тиристорные преобразователи частоты, образующие вместе с электродвигателем частотно регулируемый привод (ЧРП).

Для принятия решения о внедрении ЧРП или гидромуфты очень важно правильно рассчитать экономию электроэнергии, определить экономические показатели и срок окупаемости проекта. Как раз для этого и предназначена данная информационно-аналитическая система (ИАС).

ИАС – это программное обеспечение с удобным графическим интерфейсом, позволяющее рассчитывать эффект от применения частотного регулирования на насосах и компрессорах.

В качестве исходных данных задаётся количество насосов или компрессоров, их газодинамические характеристики, суточный график изменения расхода в сети, стоимость электроэнергии и т.д.

В результате расчёта для конкретной группы насосов или компрессоров определяется экономия электроэнергии от применения ЧРП или гидромуфты. Кроме того, ИАС выдаёт информацию по всем технико-экономическим показателям, включая дисконтированный срок окупаемости проекта по внедрению ЧРП или гидромуфты.

Работа по данному направлению состоит из следующих этапов:

- Разработка методики расчёта эффекта для различных типов насосов или компрессоров оснащённых гидромуфтами или ЧРП;
- Разработка на основе методики программного обеспечения – ИАС.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

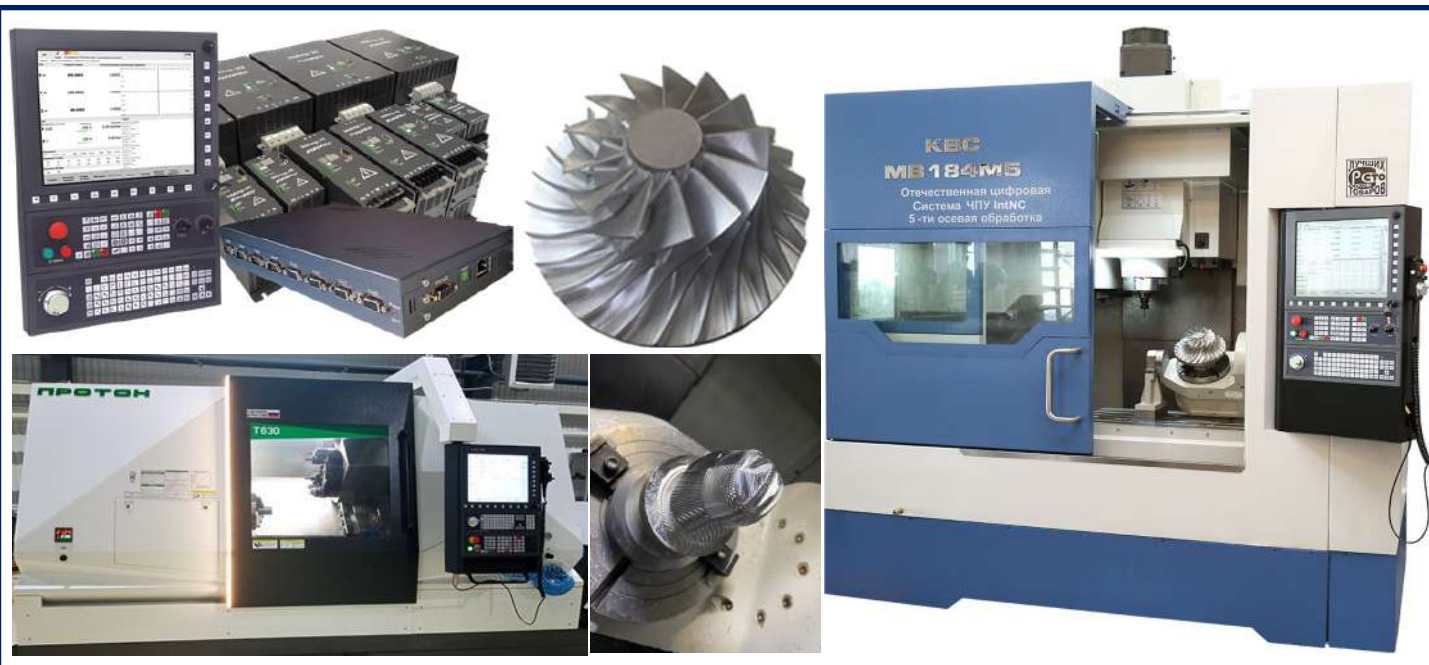
1. Центробежные насосы всех типов, установленные на объектах энергетики: АЭС, ТЭС, ТЭЦ, котельные.
2. Центробежные насосы и компрессоры промышленных предприятий.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

Имеется положительный опыт разработки методики по оценке эффекта от применения гидромуфт для частотного регулирования питательных насосов. Методика разработана в рамках выполнения договора НИОКР, заключённого между ИГЭУ и АО «Интер РАО – Электрогенерация».

Результаты НИОКР внедрены на Северо-Западной ТЭЦ (г. Санкт-Петербург) после завершения работы (приказ № ЭГ/СЗ/526 от 26.12.2019 «О внедрении результатов НИОКР»)

# СИСТЕМЫ ЧИСЛОВОГО ПРОГРАММНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДЛЯ 5-ТИ ОСЕВЫХ СТАНКОВ



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА

СЧПУ относится к высокотехнологичному оборудованию, попадающему под действие Вассенаарских соглашений, и как результат запрет на продажу лицензий, размещение производства в РФ, поставку современных технологий.

Наибольший интерес представляет внедрение СЧПУ на станках с 5-ти осевой обработкой, там, где существуют прямые запреты на импортные поставки и где предприятия испытывают наибольшие трудности с реализацией гособоронзаказов.

Предлагаемая СЧПУ предназначена для комплексного решения задач управления токарными и фрезерными металлорежущими станками, обрабатывающими центрами, включая 5-ти координатную обработку.

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ / ВНЕДРЕНИЯ / ЗАДЕЛ

Разработанная система прошла длительный период апробации на более чем 25 промышленных предприятиях различных отраслей промышленности РФ. Перспективы экспортных поставок в страны ближнего и дальнего зарубежья (Белоруссия, Узбекистан, Армения, Казахстан, Иран, Индия и др.).

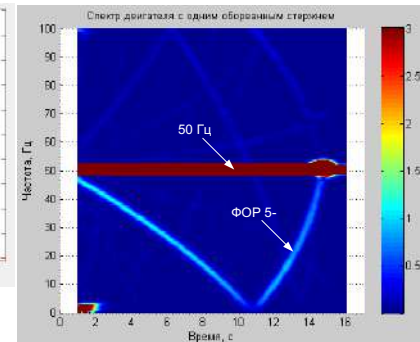
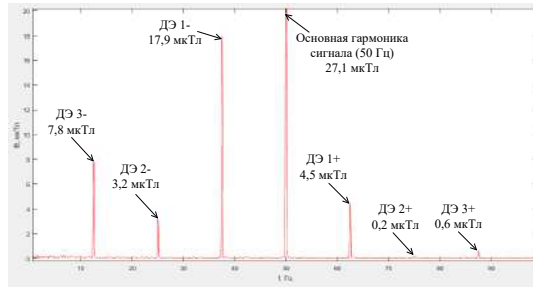
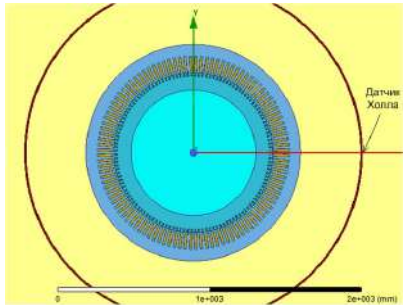
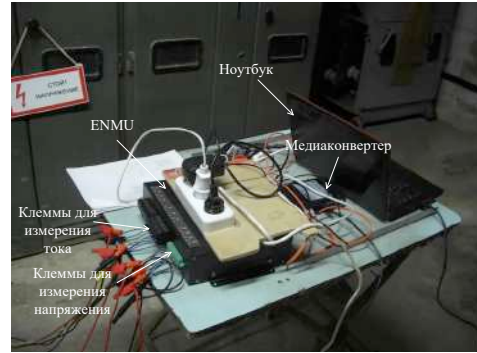
Подготовлены базовые алгоритмы:

- расчет уравнений прямой и обратной кинематики;
- 3D-коррекция на длину и форму инструмента;
- сопряжение кадров с формированием переходных профилей траектории;
- управление центром инструмента и точкой резания;
- 5-осевая интерполяция в любой конфигурации поворотных осей.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

Системы ЧПУ ориентированы на эффективное решение задач как технического перевооружения существующего станочного парка, так и на создание нового оборудования, рассчитанного на потребности предприятий машиностроительной, авиакосмической, атомной, автомобильной, судостроительной, оборонной и других отраслей промышленности.

# РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ АСИНХРОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ



## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ / ВНЕДРЕНИЯ / ЗАДЕЛ

ЗА ПОСЛЕДНИЕ 10 ЛЕТ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ПРОВЕДЕННЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗАЩИЩЕНО 2 ДИССЕРТАЦИИ НА СОИСКАНИЕ УЧЕНОЙ СТЕПЕНИ КАНДИДАТА ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ПОЛУЧЕНО 6 ПАТЕНТОВ РФ НА ИЗОБРЕТЕНИЕ И ОПУБЛИКОВАНО БОЛЕЕ 70 НАУЧНЫХ СТАТЕЙ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ВНЕДРЕНА НА ТЭЦ-2 Г. ИВАНОВО И В УЧЕБНЫЙ ПРОЦЕСС ИГЭУ. ВЫПОЛНЕН НИОКРТ «РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ОБМОТКИ РОТОРА ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛЕЙ СОБСТВЕННЫХ НУЖД ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ», ДАТА РЕГИСТРАЦИИ 18.01.2017, РЕГ. НОМЕР НИОКТР АААА-А17-117011810010-3.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

Предлагаемые методы основаны на методе спектрального анализа сигналов. При этом выполняется следующий порядок операций:

1. Регистрируются цифровые сигналы внешнего магнитного поля и тока статора. Могут использоваться 3 вида сигналов: в установленном режиме работы, при пуске асинхронного двигателя и в режиме выбега после отключения его от сети;

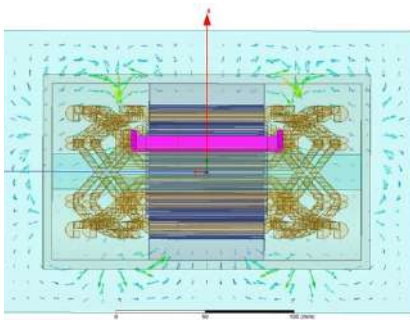
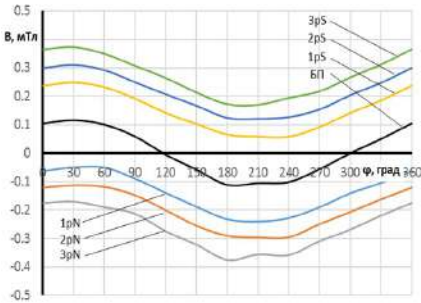
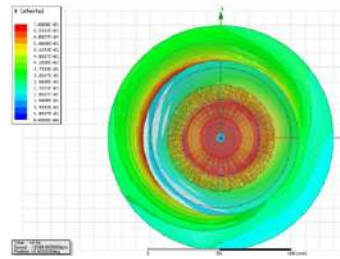
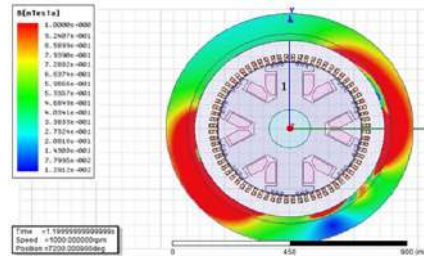
2. Производится обработка полученных сигналов. Для нестационарных сигналов (при пуске и выбега) используется оконное преобразование Фурье для получения частотно-временного спектра, а для стационарных сигналов – быстрое преобразование Фурье с автоматическим подбором оптимального времени записи сигнала для получения амплитудного спектра.

3. В полученных спектрах определяются амплитуды гармонических составляющих, проявляющихся при повреждении узлов асинхронного двигателя, по амплитудам этих гармоник делается заключение о состоянии двигателя.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

Предлагаемые методы могут быть использованы для своевременного выявления неисправностей высоковольтных асинхронных электродвигателей собственных нужд, таких как обрывы стержней короткозамкнутых обмоток роторов, динамического эксцентриситета, межвитковых замыканий и так далее, что положительно сказывается на надежности и экономичности функционирования блоков электрических станций. Предлагаемые методы могут быть реализованы непосредственно при эксплуатации электрической машины и не требуют ее вывода в ремонт.

# ВЫЯВЛЕНИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОВРЕЖДЕНИЙ СИНХРОННЫХ ГЕНЕРАТОРОВ НА ОСНОВЕ АНАЛИЗА НЕСИММЕТРИЙ ВНЕШНЕГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ



## Актуальность:

Повреждения синхронных генераторов (СГ) и последующие аварии могут вызывать тяжелейшие последствия. Оперативное выявление неисправности СГ позволяет экономить до 2,5 млн. руб. в день при внеплановом ремонте.

Отказы работоспособности СГ могут быть обусловлены электромагнитными повреждениями элементов СГ: обмоток якоря (ОЯ), возбуждения (ОВ), магнитопровода. Каждое отключение крупного СГ оценивается в среднем в 48 млн. руб. Существует потребность в достоверном прогнозировании технического состояния СГ, своевременном выявлении электромагнитных повреждений.

СГ при работе создают внешнее электромагнитное поле, которое содержит в себе информацию о состоянии СГ, работоспособности, возможных электромагнитных повреждениях. Актуально исследование и анализ внешнего поля СГ при его внутренних электромагнитных повреждениях.

## Практическая значимость:

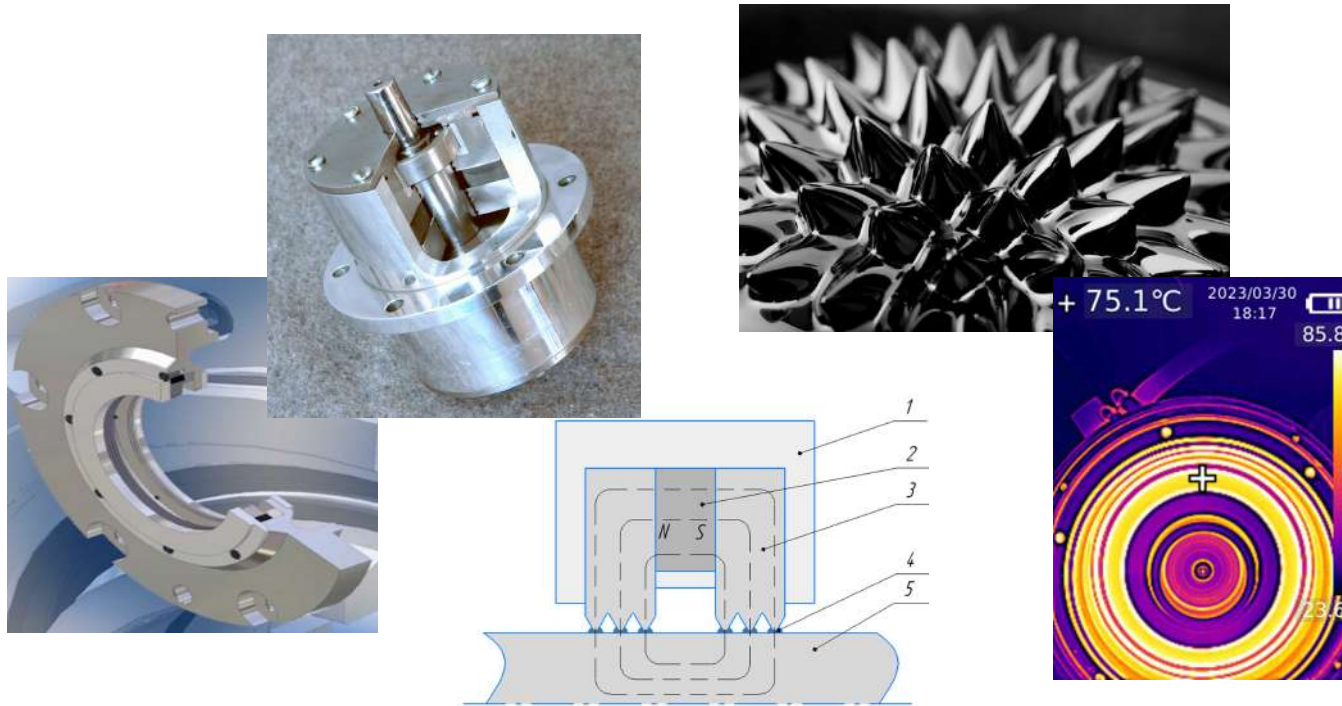
1. Предложенные методы определения электромагнитных дефектов СГ на основе анализа несимметрий внешнего магнитного поля позволяют оперативно выявлять возникающие повреждения в обмотках возбуждения и якоря

2. Разработанные алгоритмы и программы анализа несимметрий внешнего магнитного поля позволяют автоматизировать и ускорить диагностику работоспособности синхронных генераторов в процессе эксплуатации.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

ЗА ПЕРИОД 2016-2022 ГГ. УСПЕШНО ЗАЩИЩЕНА ПО ДАННОЙ ПРОБЛЕМАТИКЕ КАНДИДАТСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ, ОПУБЛИКОВАНЫ 7 СТАТЕЙ В ВЕДУЩИХ РОССИЙСКИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ ЖУРНАЛАХ, ПОЛУЧЕНЫ 5 СВИДЕТЕЛЬСТВ НА ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ

# РАЗРАБОТКА МОДЕЛЕЙ И МЕТОДИК РАСЧЁТА ВЫСОКОСКОРОСТНЫХ И ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ МАГНИТОЖИДКОСТНЫХ ГЕРМЕТИЗАТОРОВ



## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

ЗА ПЕРИОД 2016-2022 ГГ. УСПЕШНО ЗАЩИЩЕНА ПО ДАННОЙ ПРОБЛЕМАТИКЕ КАНДИДАТСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ, ПОЛУЧЕНО ФИНАНСИРОВАНИЕ СО СТОРОНЫ РОССИЙСКОГО НАУЧНОГО ФОНДА, ОПУБЛИКОВАНЫ 10 СТАТЕЙ В ВЕДУЩИХ РОССИЙСКИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ ЖУРНАЛАХ, ПОЛУЧЕНЫ СВИДЕТЕЛЬСТВА НА ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ

НАЛИЧИЕ В СТЕНАХ ИГЭУ ПРОБЛЕМНОЙ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРИКЛАДНОЙ ФЕРРОГИДРОДИНАМИКИ - ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ МЖ В РОССИИ

### Актуальность:

Магнитные жидкости (МЖ) представляют собой коллоидный раствор однодоменных магнитных частиц с типичными размерами около 10 нм, диспергированных в жидкости носителя и стабилизированный поверхностно активным веществом, препятствующим необратимому слипанию частиц под действием магнитных сил. Обладают сочетанием текучести и взаимодействия с внешним магнитным полем

Технология магнитожидкостной герметизации (МЖГ) вращающихся валов является наиболее распространённой областью применения МЖ. Основным фактором, сдерживающим применение МЖГ на мощных машинах с вращающимися валами большого диаметра является рост линейной скорости движения поверхности вала и связанные с этим центробежные усилия и деструктивные эффекты, происходящие в слое МЖ под действием вязкостного разогрева.

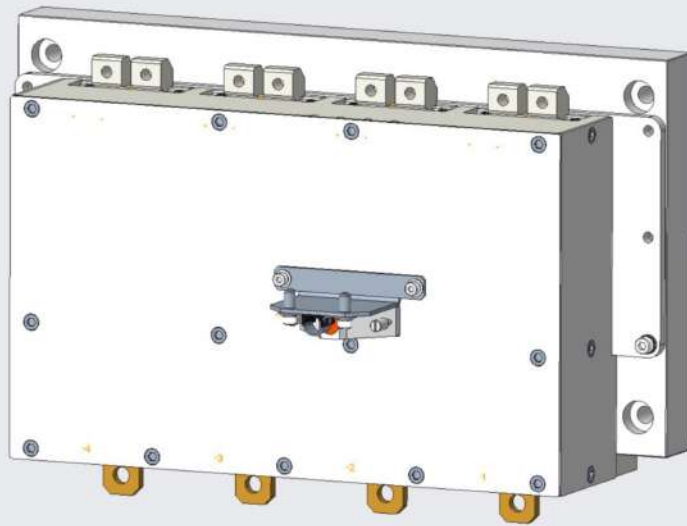
В настоящее время отсутствуют программы и комплексная методика расчёта МЖГ, позволяющие учесть на этапе проектирования весь комплекс тепловых и гидродинамических процессов в МЖ и учитывающая их влияние на работу высокоскоростных и высокотемпературных МЖГ.

### Практическая значимость:

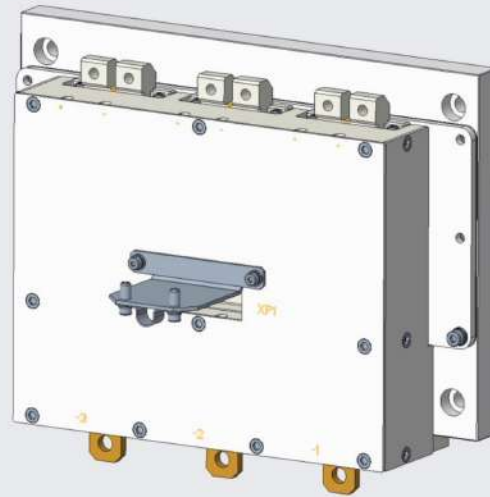
Разработанные и верифицированные математические модели и методики расчёта позволят создавать высокоскоростные и высокотемпературные магнитожидкостные герметизаторы с максимальным использованием свойств современных магнитных жидкостей для расширения их эксплуатационных характеристик.

По результатам экспериментальных исследований тепловых и гидродинамических процессов в магнитных жидкостях будут даны рекомендации по их синтезу с конкретными свойствами в зависимости от решаемых технических задач.

# ИНТЕГРАЛЬНЫЙ СИЛОВОЙ МОДУЛЬ



**ИСМ-4**



**ИСМ-3**

**Интегральный силовой модуль (ИСМ)** – современный, отечественный, силовой модуль IGBT с развитыми интеллектуальными и защитными функциями, предназначенный для использования в области средних и больших мощностей, где конструкционные и технологические проблемы стоят наиболее остро, а эксперименты и макетирование практически исключаются.

## Описание:

- **Использование** в качестве фазы тягового инвертора электромеханической трансмиссии карьерных автосамосвалов.
- **3 или 4 IGBT субмодуля** в конфигурации «полумост» работающие параллельно.
- **Интегрированный драйвер IGBT** с полным набором защит, контроля «мертвого» времени.
- **Интегрированные датчики** тока, напряжения шины DC, а так же температуры подложки.
- **В конструкции** используется интегрированный жидкостный охладитель.
- **Предусмотрено 2 варианта конфигурации** – вариант 1800A/1200В и вариант 2400A/1200В.
- **В производстве** используются импортозамещённая элементная база.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

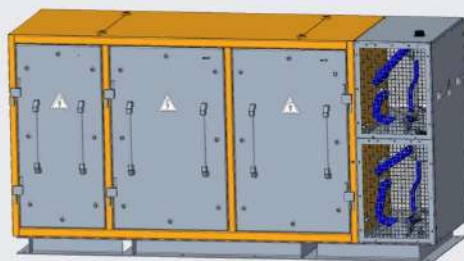
Модули оптимизированы под транспортное применение, позволяют снизить потери, повысить надежность и обеспечить расширенные диагностические возможности системы. Являются результатом современной отечественной разработки в области тягового электропривода

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

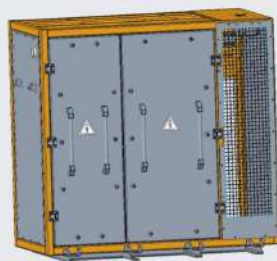
1. Создан **опытный образец ИСМ-3**
2. Ведется комплексное тестирование в составе опытного ШПСУ Б90 ИСМ

# ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКАЯ ТРАНСМИССИЯ КАРЬЕРНЫХ САМОСВАЛОВ

БелАЗ 75585  
90 т



ШПСУ Б-136



ШПСУ Б-90

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

**Электромеханическая трансмиссия** – используется в качестве тягового привода тяжелых карьерных самосвалов с грузоподъемностью от 90 до 450 тонн. В состав ЭМТ входят электрические машины, шкаф преобразователей и систем управления (ШПСУ), а также блок контроллера верхнего уровня.

- **Выполнено проектирование нового ШПСУ** для типоразмера карьерного самосвала грузоподъемностью 90 тонн.
- **Создан опытный образец ШПСУ Б90 ИСМ** на основе интегральных силовых модулей собственной разработки.
- **Выполнено проектирование ШПСУ** для типоразмеров Б136-Б240 на основе ИСМ.
- **Использование** в конструкции **отечественной силовой элементной базы**

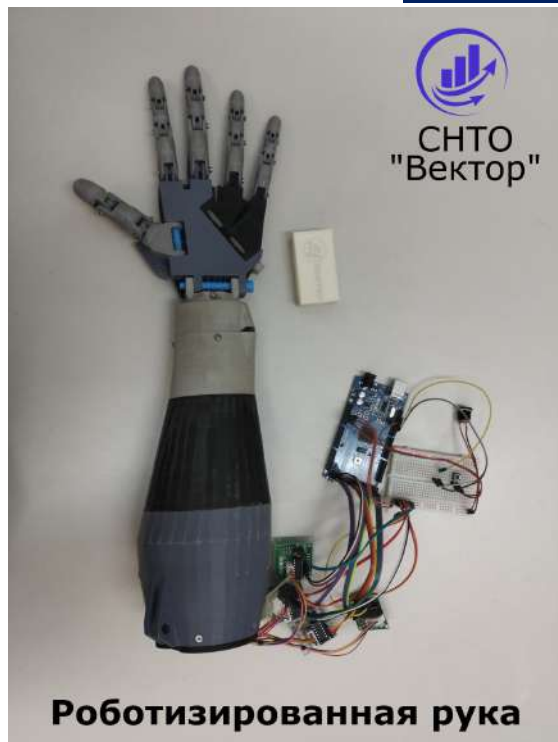
## ОПЫТ РАЗРАБОТКИ

1. Разработано и испытано 4 новых варианта ШПСУ для типоразмеров самосвалов грузоподъемностью от 90 до 240 тонн
2. Опыт 5 лет эксплуатации более 120 единиц самосвалов в различных климатических и географических условиях
3. Опубликовано более 20 статей и докладов по результатам разработки и длительной эксплуатации предшествующих вариантов ЭМТ
4. Разработан опытный образец Б90 ИСМ, ведутся стендовые испытания

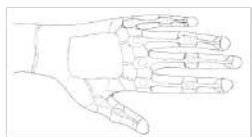
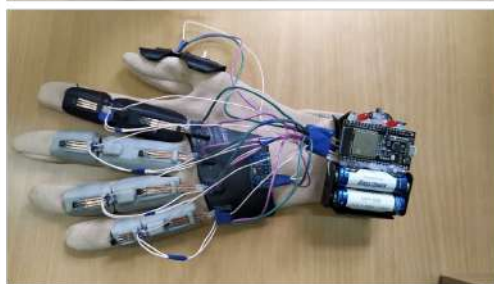
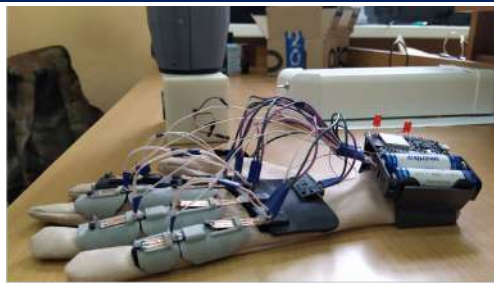
## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

Производство комплектов тягового электрооборудования для новых карьерных автосамосвалов типоразмеров от Б90 до Б240 включительно с трансмиссией переменного-переменного тока. А так же модернизация выведенных из эксплуатации карьерных самосвалов, машин с устаревшим типом электротрансмиссий.

# РОБОТИЗИРОВАННАЯ РУКА И ПЕРЧАТКИ УПРАВЛЕНИЯ



Роботизированная рука



Тканевая перчатка



Экзо перчатка

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

**Антропоморфный манипулятор и перчатки управления** – вариант системы для управления удаленным захватным устройством через беспроводные технологии с возможностью организации обратной связи по габаритам захватываемого объекта, приведенным к наиболее привычной человеку формату – ограничение схвата руки микро приводом.

- **Роботизированная рука** – функция схватывания объекта, получение и обработка задания схватывания, передача информации о геометрической форме устройству управления.
- **Экзо перчатка** – формирование задания каждой фаланги на основе положения пальцев оператора, отработка ограничений по обратной связи (ограничение движения руки оператора на основе геометрических размеров объекта в захвате).
- **Тканевая перчатка** – более подвижный и простой вариант средства управления захватным устройством (робо-рукой). Осуществляет формирование задания каждой фаланги на основе положения пальцев оператора.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

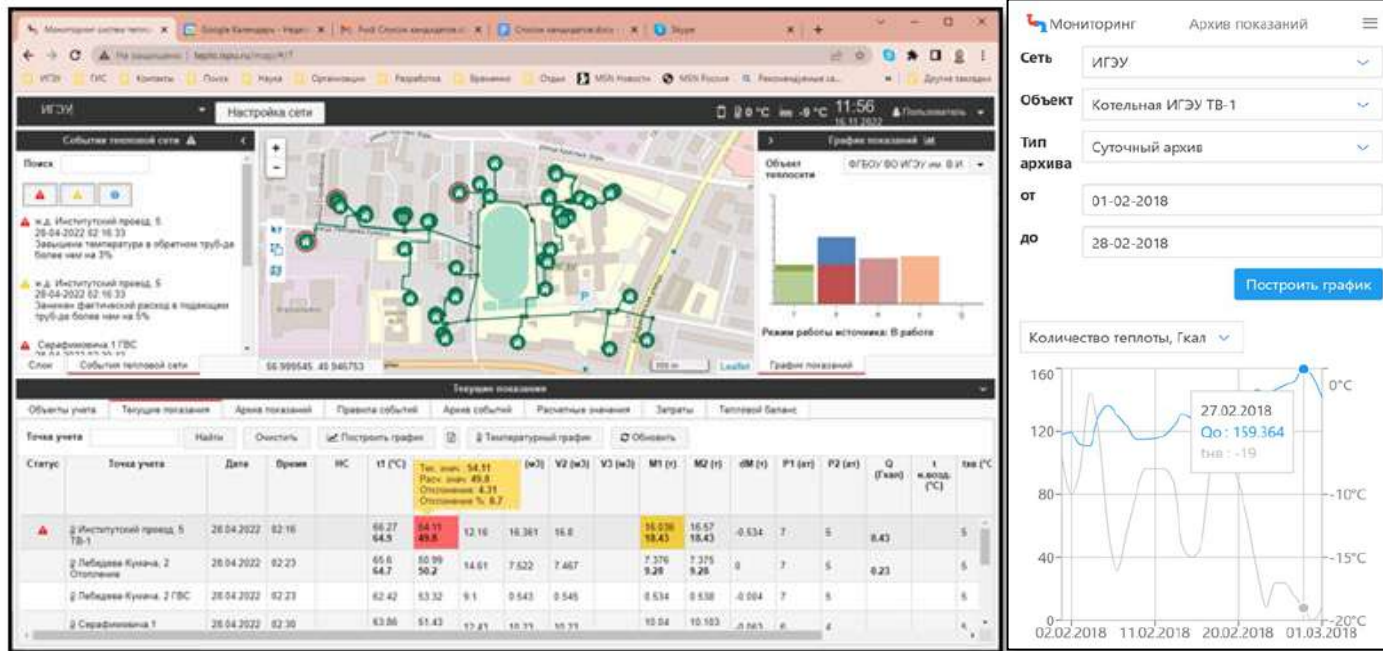
В случае комплексного использования, как наглядная демонстрация работы объектно-ориентированных устройств управления (отладка алгоритмов). В случае работы как отдельное устройство – робо-рука предназначена для использования в области **протезирования** или в качестве **захватного устройства**, перчатки в области **VR технологий** или как **средство управления** тех. объектами (робот-манипулятор). Разработка универсальна и может найти применение как в гражданском производстве или медицине, так и в военно-промышленном комплексе.

## ЗАДЕЛ И ПЛАНЫ ПО ЗАЩИТЕ ИС

1. Создан **Прототип** каждого устройства
2. Разработано программное обеспечение для всех устройств
3. Опубликовано несколько статей и тезисов по разработкам
4. Ведется комплексное тестирование связки устройств
5. По завершению тестирования планируется запатентовать продукт



# МОНИТОРИНГ РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА ТЕПЛОВОЙ СЕТИ



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

Информационная системы мониторинга режимов работы тепловых сетей реализована в виде облачного решения, доступного в сети Интернет из любой точки России. Система позволяет создавать и использовать модели тепловых сетей, которые объединяет данные теплогидравлических расчетов всех возможных режимов работы сети (цифровой двойник) и данные приборов учета источника и тепловых пунктов потребителей.

Совместный ретроспективный анализа данных измерений и цифрового двойника позволяет решать следующие задачи:

- Контроль отклонения параметров теплоснабжения потребителей и экономических показателей работы сети от оптимальных значений на текущий момент и за различные периоды;
- Уточнение нагрузки потребителей по результатам мониторинга для повышения адекватности расчетных моделей;
- Выявление фактов и мест утечки теплоносителя на ранних стадиях развития аварий;
- и другие.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

Система может применяться для контроля и управления работой тепловых сетей со стороны собственников и органов власти, а так же для помощи службам эксплуатации при выполнении наладки тепловых сетей.

Применение системы особенно полезно в удаленных и малых населенных пунктах, где наблюдается дефицит квалифицированных кадров. В этом случае управление наладкой режимов работы сети может осуществляться дистанционно из центров компетенций, в частности, из ИГЭУ.

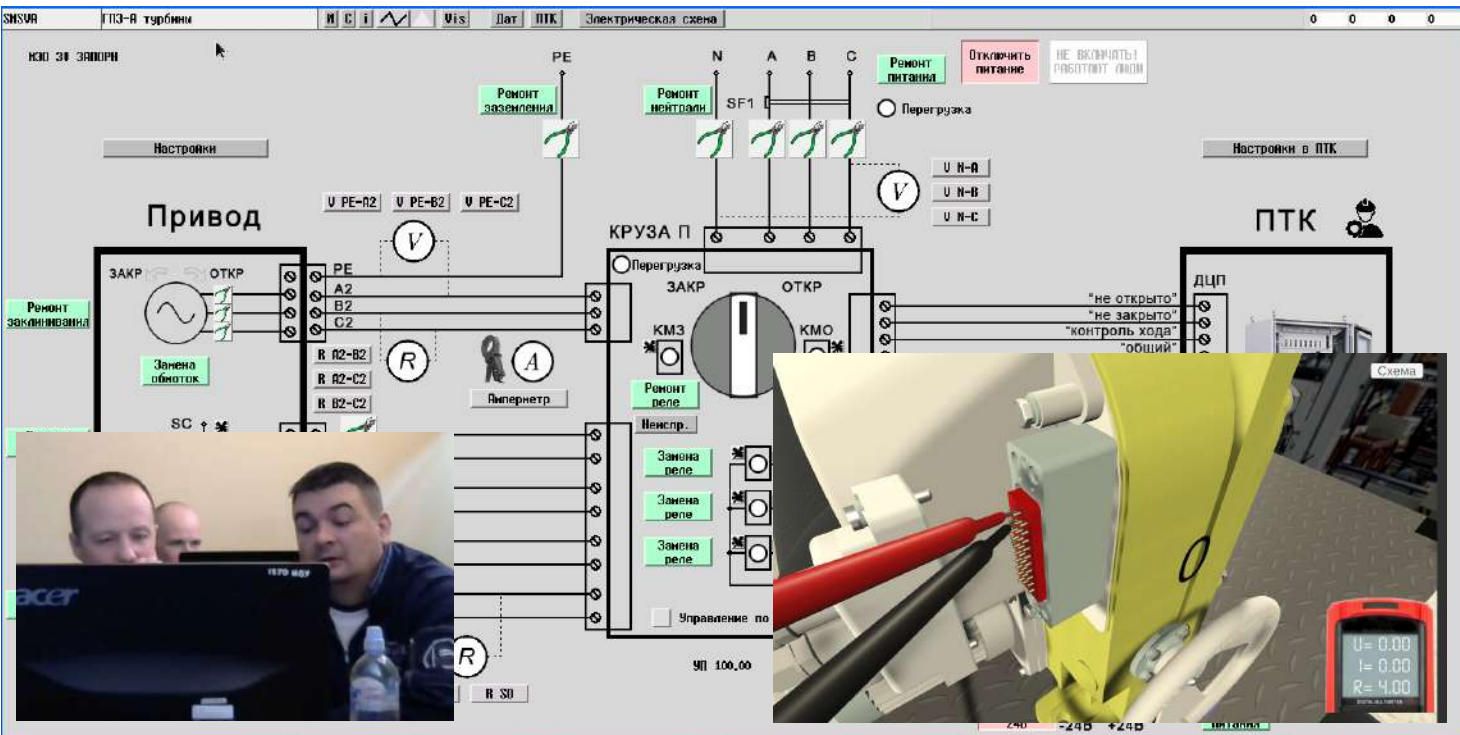
## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

РАЗРАБОТАНА ОПЫТНАЯ ВЕРСИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ, КОТОРАЯ ОПРОБОВАНА НА ДАННЫХ РАБОТЫ ТЕПЛОВОЙ СЕТИ, ОБСЛУЖИВАЕМОЙ КОТЕЛЬНОЙ ИГЭУ.

ПРОВЕДЕНЫ РЯД НАУЧНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПО РАЗРАБОТКЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ УПРАВЛЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИЕЙ СЕТЕЙ НА БАЗЕ РАЗРАБОТАННОЙ СИСТЕМЫ.

СПЕЦИАЛИСТАМИ КОЛЛЕКТИВА ВЫПОЛНЕНЫ ДЕСЯТКИ РАБОТ ПО АНАЛИЗУ И НАСТРОЙКЕ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ В РАЗЛИЧНЫХ ГОРОДАХ РОССИИ, КОТОРЫЕ ПОКАЗЫВАЮТ, ЧТО СЕТИ В ЭТИХ ГОРОДАХ ЧАСТО РАЗБАЛАНСИРОВАНЫ И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМЫ В ЭТОМ СЛУЧАЕ МОЖЕТ ДАТЬ СОКРАЩЕНИЕ ЗАТРАТ ТОПЛИВА И ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ОКОЛО 20-30 %. ЭТО СОСТАВЛЯЕТ ДЕСЯТКИ МИЛЛИОНОВ РУБЛЕЙ В ГОД ДЛЯ ОДНОЙ СЕТИ.

# НОВАЯ СИСТЕМА ТРЕНАЖЕРНОЙ ПОДГОТОВКИ ОПЕРАТИВНОГО ПЕРСОНАЛА КИПиА



## ЦЕЛЕВОЕ НАЗНАЧЕНИЕ:

Новая концепция обучения оперативного и ремонтного персонала КИПиА с моделированием полевой зоны контрольно-измерительных приборов и автоматики (КИПиА) и применением технологий 2D и 3D визуализации в составе компьютерных тренажеров ТЭС и АЭС.

## ВОЗМОЖНОСТИ:

- отработка операций по **регламентному** обслуживанию средств КИПиА;
- **проверка функционирования** средств КИПиА, их **наладка и настройка**;
- **диагностика и проверка исправностей** линий подключения датчиков и исполнительных механизмов;
- **противоаварийная тренировка** по сценариям запрограммированных дефектов и система оценок обучаемых;
- настраиваемые **уровни сложности** и подготовки персонала;
- проведение соревнований персонала КИПиА, в том числе совместно с операторами энергоблоков.

## ОСОБЕННОСТИ СИСТЕМЫ:

Работа в условиях с **максимальным погружением** в реальную рабочую среду – работа на модели реального энергоблока с моделированием всех функций АСУТП (контроль параметров, технологическая сигнализация, автоматическое регулирование, технологические защиты). Взаимосвязь функций АСУТП с полевой зоной КИПиА.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ:

- повышение профессионального мастерства персонала КИПиА;
- сокращение времени на выявление дефектов и диагностику неисправностей;
- сокращение аварийных ситуаций и остановов оборудования, связанных с неправильными действиям оперативного персонала КИПиА.

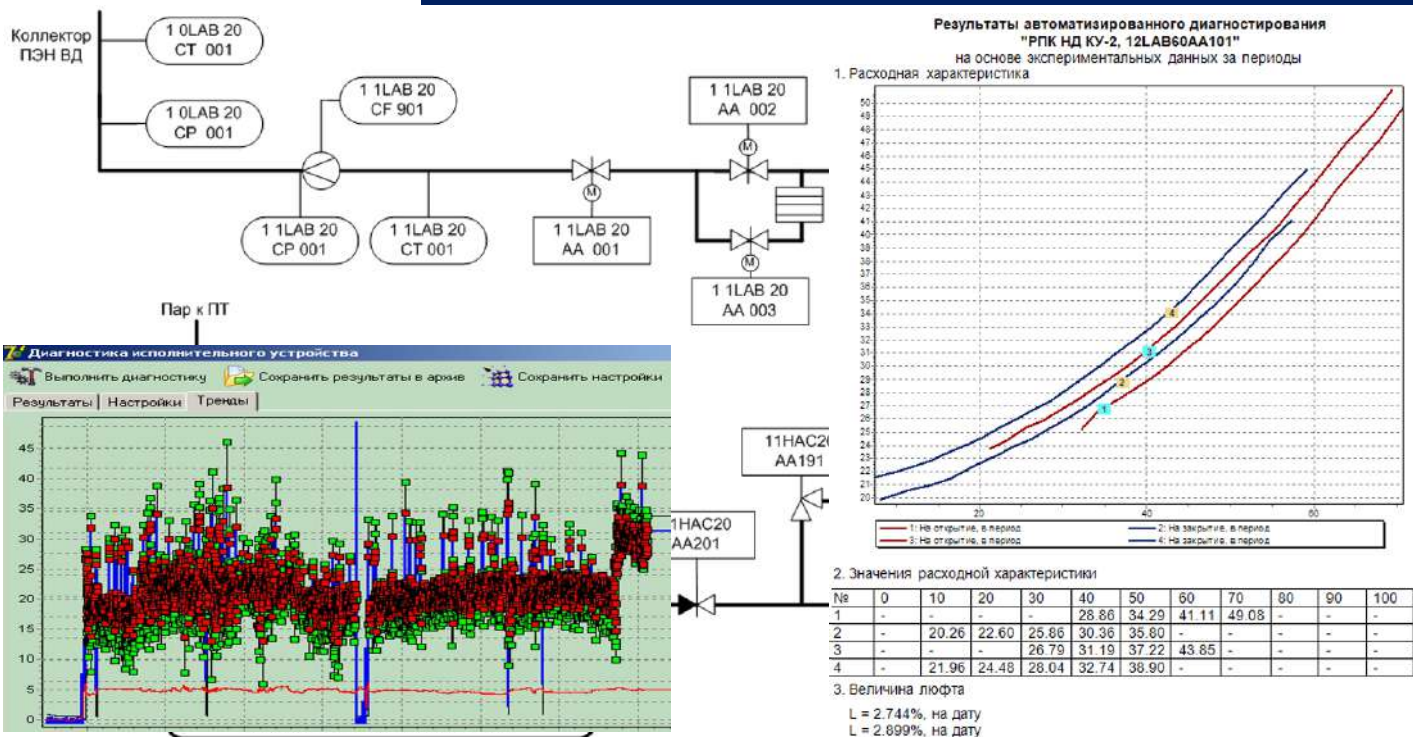
## ВНЕДРЕНИЯ

ТРЕНАЖЕРНАЯ ПОДГОТОВКА персонала КИПиА под руководством инструктора-преподавателя с применением дистанционных образовательных технологий (без выезда и отрыва от производства).

Работа на цифровом двойнике технологических участков энергообъектов с моделированием каналов измерения и приборов КИПиА – датчиков и исполнительных механизмов.

Плоская 2D и 3D визуализация рабочей «полевой» зоны и зоны кроссовых шкафов ПТК АСУТП. Опыт в проведении обучений, участие в качестве инструкторов, формировании сценариев обучения, система оценки обучения.

# СТАНЦИЯ КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ПОДСИСТЕМ АСУТП ЭНЕРГОБЛОКОВ



## НАЗНАЧЕНИЕ:

- **предиктивная аналитика текущего состояния** регулирующих клапанов и систем автоматического регулирования (АСР) по архивным данным АСУТП;
- **обоснование планирования** и выполнения **ремонтных работ** по технологическому оборудованию и элементам АСУТП;
- **предупреждение** возникновения аварийных ситуаций на энергоблоке и общестанционном оборудовании, связанных с отказами в работе регуляторов и регулирующих органов.

## ВОЗМОЖНОСТИ:

- получение **оценок показателей качества автоматических систем регулирования** по результатам как специально организованных испытаний, так и в режиме функционального диагностирования архивных данных АСУТП;
- получение **оперативных тенденций** изменения основных показателей качества АСР, сигнализация отклонений работы регуляторов в режиме реального времени;
- получение **режимных карт оборудования** и выявление тенденций их изменения с течением времени эксплуатации;
- **обоснование** необходимости перенастройки АСР с целью последующего синтеза оптимальной системы автоматического управления.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

Совокупность получаемых показателей дает возможность оценивать текущее состояние подсистем АСУТП и обоснованно принимать решения об их параметрической оптимизации и перенастройке с целью обеспечения качества их функционирования.

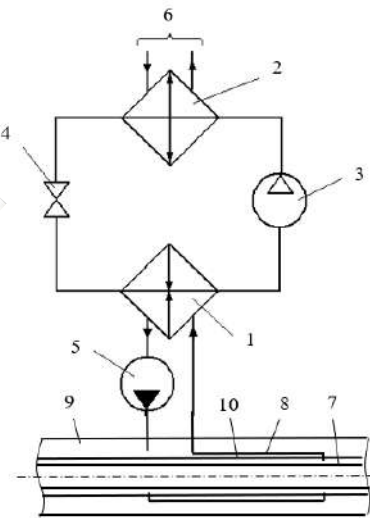
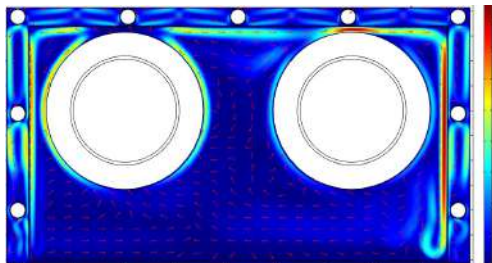
Разработанное программное обеспечение может быть доработано с учетом особенностей нового технологического оборудования станции и внедрено на объекты ОАО «Концерн Росэнергоатом» в сжатые сроки с меньшими затратами, так как методики проведения диагностики уже апробированы.

## ВНЕДРЕНИЯ И ОПЫТ

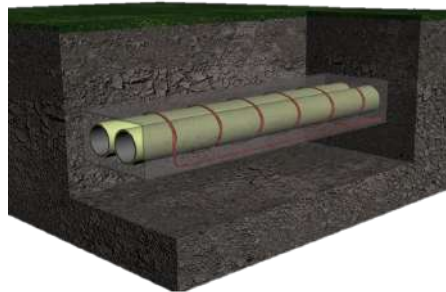
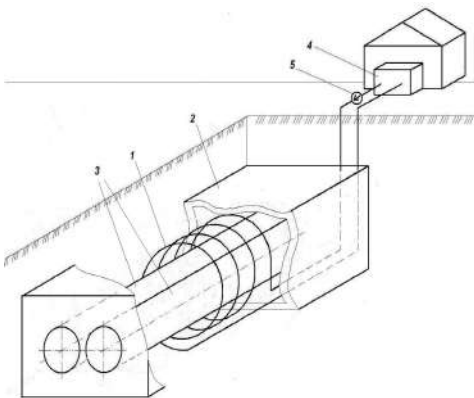
Внедрение подсистемы диагностики на энергоблоках ПГУ-450 ОАО «Калининградская ТЭЦ-2» и на первом пусковом комплексе энергоблока ПГУ-325, ст. №1 филиала "Ивановские ПГУ" ОАО «ИНТЕР РАО – Электрогенерация».

Наличие специализированного программного комплекса автоматизированного диагностирования регулирующих органов и качества автоматических систем регулирования, функционирующих в составе АСУТП теплоэнергетических объектов, "AutoStation" (свидетельство № 2013612430 от 27.02.2013, заявка № 2013610190 от 09.01.2013).

# ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ



1 – испаритель; 2 – конденсатор; 3 – компрессор; 4 – дроссельное устройство; 5 – циркуляционный насос; 6 – потребитель тепловой энергии; 7 – изолированный трубопровод тепловой сети; 8 – коллектор устройства по утилизации тепловых потерь; 9 – канал теплотрассы; 10 – теплоотражающий экран



## ТЕХНИЧЕСКАЯ СУТЬ ПРОЕКТА

1. Проект объединяет научно-исследовательские и опытно-конструкторские этапы разработки способа повышения энергетической эффективности систем централизованного теплоснабжения на базе устройства, предназначенного для утилизации тепловых вторичных энергоресурсов в тепловых сетях.
2. Цель работы устройства заключается в утилизации нормируемых тепловых потерь в сетях теплоснабжения, что позволяет обеспечить сбережение энергетических ресурсов при производстве тепловой энергии за счет возврата теряемой при транспортировке теплоносителя тепловой энергии обратно в систему теплоснабжения.
3. Реализация проекта сопряжена с решением вопросов оптимизации параметров работы устройства, в том числе на основе построения математических моделей совместной работы устройства и тепловой сети, учитывающих особенности применения устройства.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

1. РАЗРАБОТАН СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА БАЗЕ УСТРОЙСТВА, ПРЕДНАЗНАЧЕННОГО ДЛЯ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ В ТЕПЛОВЫХ СЕТЯХ.

2. РАЗРАБОТАНО УСТРОЙСТВО ПО УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ В КАНАЛЕ ТЕПЛОТРАССЫ, РЕАЛИЗУЮЩЕЕ РАЗРАБОТАННЫЙ СПОСОБ, КОТОРОЕ МОЖЕТ БЫТЬ ИСПОЛЬЗОВАНО ПРИ РЕКОНСТРУКЦИИ ВВЕДЕННЫХ В ЭКСПЛУАТАЦИЮ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ, А ТАКЖЕ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВЫХ ТЕПЛОВЫХ СЕТЕЙ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.

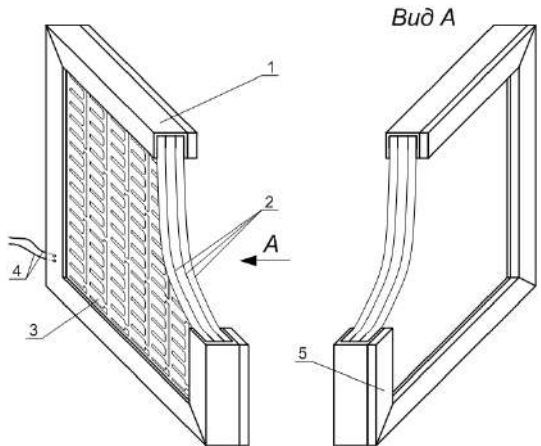
3. РАЗРАБОТАНЫ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ПЕРЕНОСА ТЕПЛОТЫ В ТЕПЛОВОЙ СЕТИ БЕЗ ДОПОЛНИТЕЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ, ТЕПЛОВОЙ СЕТИ С ТЕПЛООТРАЖАЮЩИМ ЭКРАНОМ И ТЕПЛОВОЙ СЕТИ ПРИ СОВМЕСТНОЙ РАБОТЕ С ПРЕДЛАГАЕМЫМ УСТРОЙСТВОМ.

4. В 2022 ГОДУ ЗАЩИЩЕНА ДИССЕРТАЦИОННАЯ РАБОТА НА ТЕМУ «ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ ЗА СЧЕТ УТИЛИЗАЦИИ ТЕПЛОВЫХ ВТОРИЧНЫХ ЭНЕРГОРЕСУРСОВ

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

- утилизация нормируемых тепловых потерь сети теплоснабжения;
- бесконтактное подсоединение потребителя тепловой энергии;
- обеспечение работы снегоплавильных установок;
- обеспечение работы «теплых тротуаров»;
- подогрев воды в бассейне.

# ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩЕЕ ОКНО



Конструкция **многофункционального энергоэффективного ставня:**

- 1 – рама; 2 теплоотражающие экраны;
- 3 – солнечная батарея;
- 4 – соединительные провода;
- 5 – уплотняющий шнур



## ТЕХНИЧЕСКАЯ СУТЬ ПРОЕКТА

1. Применение в темное время суток или во время отсутствия людей в помещениях в светопрозрачных ограждающих конструкциях (окна, световые фонари, фасады, двери и т.д.) теплоотражающих экранов позволяет значительно уменьшить тепловые трансмиссионные потери. Предлагается к использованию теплоотражающие экраны в виде панели (ставня), рулона, жалюзи .
2. Использование с наружной стороны экрана солнечной батареи позволяет генерировать электрическую энергию в светопрозрачных ограждающих конструкциях.
3. Разработаны системы автоматизации управления окон с перемещаемыми теплоотражающими экранами и солнечными фотоэлектрическими батареями, а также система автоматизации управления системой отопления здания.

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ / ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

Использование теплоотражающих металлических экранов в светопрозрачных ограждающих конструкциях зданий (окна, световые фонари, светопрозрачные фасады зданий и т.д.) позволяет в 1,5-3,5 раза уменьшить тепловые потери.

Разработан стендовый образец окна с энергоэффективным ставнем, определены показатели эффективности их применения для зданий различного назначения.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

1. Разработанные решения могут успешно применяться при создании микроклимата в жилых, общественно-административных и производственных зданиях.

# ОПТИМАЛЬНЫЕ СХЕМЫ ПРИМЕНЕНИЯ АБСОРБИЦИОННЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ ТЕПЛА



## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

На кафедре Промышленной теплоэнергетики ИГЭУ в течении нескольких лет был выполнен ряд научных работ связанных с разработкой оптимальных схем применения абсорбционных трансформаторов тепла (АБХМ и АБТН) на объектах энергетики и промышленности.

## ТЕХНИЧЕСКАЯ СУТЬ ПРОЕКТА

В настоящее время российскими предприятиями освоен серийный выпуск следующих абсорбционных трансформаторов тепла:

- Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ)
- Абсорбционные бромистолитиевые тепловые насосы (АБТН)

Практика показывает, что можно существенно повысить энергетическую эффективность любой тепловой схемы, установив туда АБХМ или АБТН.

От того насколько грамотно встроен в тепловую схему энергетического объекта абсорбционный трансформатор тепла зависит эффективность его применения.

Поэтому целью данного научного исследования является разработка оптимальных схем применения абсорбционных трансформаторов тепла, позволяющих полностью использовать заложенный в них потенциал энергосбережения.

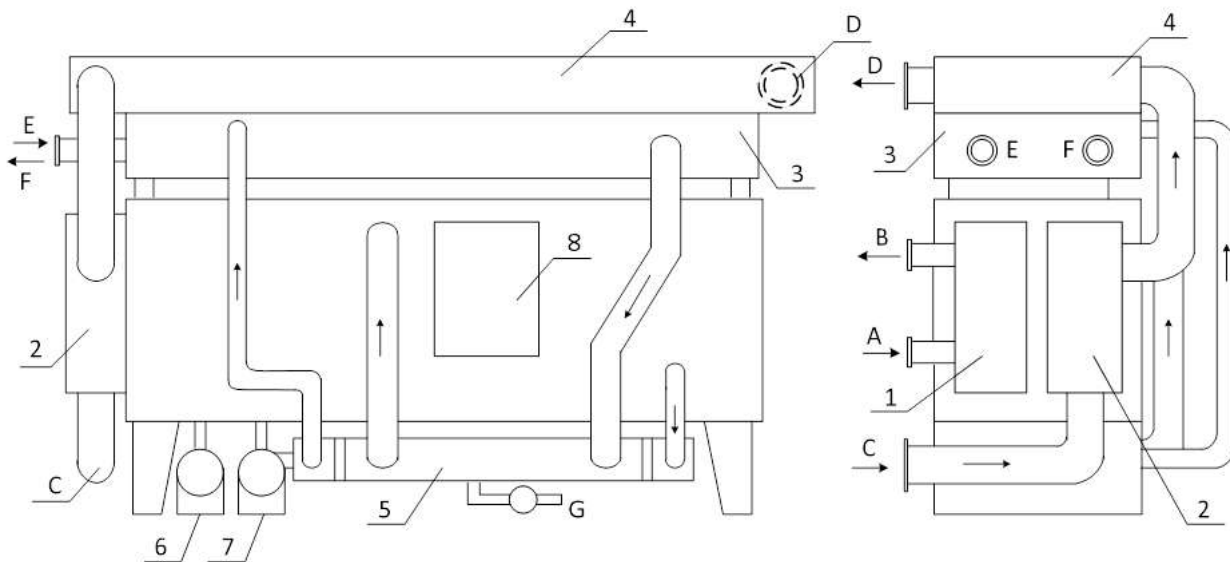
Работа по данному направлению состоит из следующих этапов:

- Разработка оптимальной схемы включения АБХМ и (или) АБТН в общую тепловую схему энергетического объекта;
- Предпроектное технико-экономическое обоснование предложенного технического решения.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

1. Тепловые схемы паротурбинного отделения АЭС, ТЭС или ТЭЦ.
2. Тепловые схемы промышленных теплопотребляющих установок.
3. Системы кондиционирования воздуха для помещений БЩУ энергоблоков АЭС.

# ГИБРИДНЫЙ АБСОРБИЦИОННО-КОМПРЕССИОННЫЙ ТЕПЛОВОЙ НАСОС



## ТЕХНИЧЕСКАЯ СУТЬ ПРОЕКТА

В настоящее время существуют два основных типа тепловых насосов:

- Парокомпрессионные тепловые насосы (ПКТН)
- Абсорбционные бромистолитиевые тепловые насосы (АБТН)

Каждый из вышеперечисленных тепловых насосов имеет свои достоинства и недостатки.

Если объединить оба насоса в один агрегат, то получим универсальную установку объединяющую в себе достоинства абсорбционных и парокомпрессионных трансформаторов тепла.

Такое решение существенно повысит энергетическую эффективность процесса трансформации тепла. Гибридный тепловой насос будет иметь высокий коэффициент трансформации тепла при минимальных затратах электроэнергии.

Работа по данному направлению состоит из следующих этапов:

- Разработка и расчёт тепловой схемы гибридного теплового насоса;
- Выбор основных элементов схемы из серийно выпускаемого промышленностью оборудования;
- Технико-экономическое обоснование предложенного технического решения.

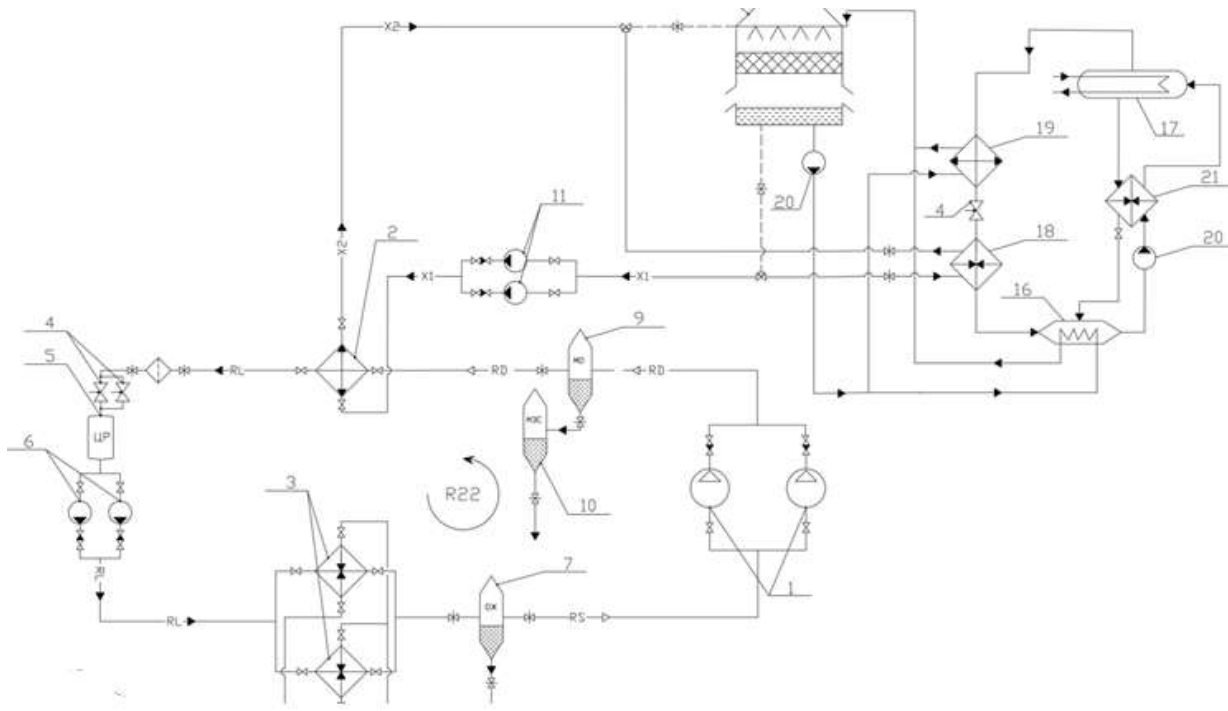
## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

1. Тепловые схемы паротурбинного отделения АЭС, ТЭС или ТЭЦ.
2. Тепловые схемы промышленных теплопотребляющих установок.
3. Системы кондиционирования воздуха для помещений БЦУ энергоблоков АЭС

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

На кафедре Промышленной теплоэнергетики ИГЭУ в течении нескольких лет был выполнен ряд научных работ связанных с разработкой оптимальных схем и конструкций тепловых насосов различного типа.

# ГИБРИДНАЯ АБСОРБЦИОННО-КОМПРЕССИОННАЯ ХОЛОДИЛЬНАЯ МАШИНА



## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

На кафедре Промышленной теплоэнергетики ИГЭУ в течении нескольких лет был выполнен ряд научных работ связанных с разработкой оптимальных схем и конструкций гибридных холодильных машин.

## ТЕХНИЧЕСКАЯ СУТЬ ПРОЕКТА

В настоящее время существуют два основных типа холодильных машин:

- Парокомпрессионные холодильные машины (ПКХМ)
- Абсорбционные бромистолитиевые холодильные машины (АБХМ)

Каждый из вышеперечисленных типов холодильных машин имеет свои достоинства и недостатки.

Если объединить обе машины в один агрегат, то получим универсальную установку объединяющую в себе достоинства абсорбционных и парокомпрессионных холодильных машин.

Такое решение существенно повысит энергетическую эффективность процесса получения холода. Гибридная холодильная машина будет иметь высокий холодильный коэффициент при минимальных затратах электроэнергии.

Работа по данному направлению состоит из следующих этапов:

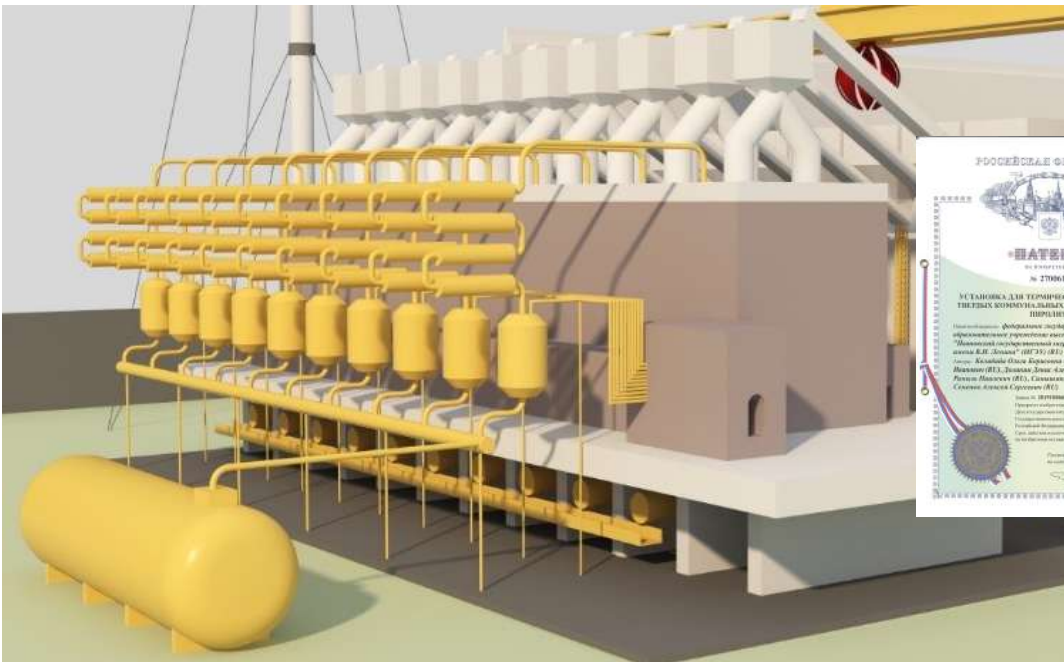
- Разработка и расчёт тепловой схемы гибридной холодильной машины;
- Выбор компонентов схемы из серийно выпускаемого промышленностью оборудования;
- Технико-экономическое обоснование предложенного технического решения.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

1. Системы кондиционирования воздуха для помещений БЦУ энергоблоков АЭС
2. Системы холодоснабжения производственных объектов.



# УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ПРОМЫШЛЕННЫХ И КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Установка предназначена для утилизации твердых промышленных и коммунальных отходов по технологии пиролиза.
2. Реализуется экологически безопасный, полный замкнутый цикл утилизации твердых отходов с получением конечных полезных продуктов: горючий газ, пиролизное масло, твердый углеродистый остаток.
3. Установка является энергетически автономной: потребности в тепловой и электрической энергии обеспечиваются за счет производимого газа при переработке отходов.

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

1. Производительность по исходному сырью составляет от 5 до 10 тонн в сутки.
2. Срок окупаемости проекта – 3 года.
3. Прибыль 1,2 млн. рублей в месяц.
4. Сокращение углеродного следа на 20% по сравнению со сжиганием отходов.
5. Стоимость пилотного образца 15 млн. рублей.

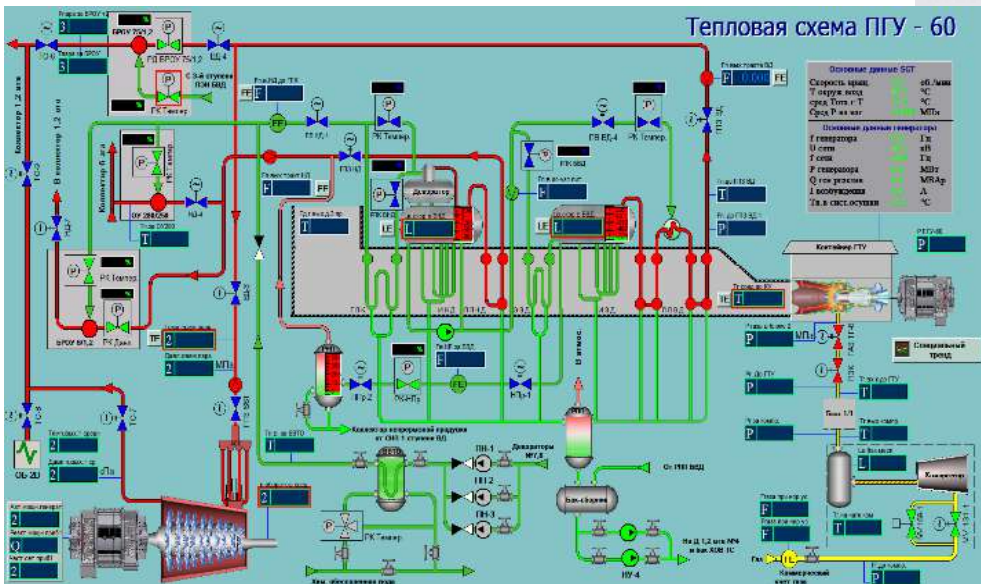
## ПРЕИМУЩЕСТВА ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕРАБОТКИ ОТХОДОВ:

1. Переработка любых углеродосодержащих отходов.
2. Экологически чистое и безопасное производство.
3. Нет необходимости в трудоемкой и опасной ручной работе.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

1. Реализация проекта позволит перейти от полигонного захоронения отходов к промышленной утилизации с получением энергии.
2. Установка может применяться на предприятиях ЖКХ, объектах малой энергетики, заводах по переработке вторичного сырья.
3. Потребителями твердого углеродистого остатка являются предприятия строительной отрасли.

# ТРЕНАЖЕРЫ УНЦТЭ ИГЭУ



## ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА:

**Целевое назначение** – подготовка оперативного персонала в энергетике, при транспортировке газа, на транспорте (судовые силовые установки)

### Позволяет проводить:

- **тренировки** в условиях, максимально приближенных к условиям работы на реальном оборудовании как в режимах нормальной эксплуатации, так и при ликвидации нештатных и аварийных ситуаций во всём диапазоне режимов работы энергооборудования
- **подготовку персонала** при различном стартовом уровне подготовки
- **соревнования профессионального мастерства**
- **практическую подготовку** студентов профильных ВУЗов и колледжей

## ИССЛЕДОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ:

- Разработка «**цифрового двойника**» реального оборудования
- Исследования по **оптимизации режимов работы** оборудования как существующего, так и перспективного
- Разработка «**Советника оператора**»
- Возможность **интеграции математической модели с реальной АСУ ТП** энергетического оборудования
- Разработка и отладка** на основе математической модели систем АСУ ТП и других систем управления оборудованием

## ВНЕДРЕНИЯ

ЗА ПЕРИОД 2016-2022 ГГ. ЗАКЛЮЧЕНО 32 ДОГОВОРА НА ОБЩУЮ СУММУ БОЛЕЕ 260 МЛН. РУБ. СРЕДИ ЗАКАЗЧИКОВ КРУПНЕЙШИЕ ЭНЕРГОКОМПАНИИ РОССИИ: АО «ИНТЕР РАО - ЭЛЕКТРОГЕНЕРАЦИЯ», ПАО «ОГК-2» И ИХ ФИЛИАЛЫ, А ТАКЖЕ ООО «ЛУКОЙЛ-АСТРАХАНЬЭНЕРГО», ООО «БГК» И АО «ИТЦ ДЖЭТ» (РАБОТАЕТ В СТРУКТУРЕ ГОСКОРПОРАЦИИ «РОСАТОМ») И ПР. ПРЕДМЕТОМ ДОГОВОРОВ ЯВЛЯЮТСЯ РАЗРАБОТКА, ВНЕДРЕНИЕ И СОПРОВОЖДЕНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ ТРЕНАЖЕРОВ ЭНЕРГОБЛОКОВ, А ТАКЖЕ РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ И СЕТЕВЫХ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ

# РАЗРАБОТКА АВТОМАТИЧЕСКОГО АНАЛИЗАТОРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ВОДНО-ХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОСНОВНЫХ И ВСПОМОГАТЕЛЬНЫХ СИСТЕМ АЭС

## АНАЛИЗАТОР ПРИМЕСЕЙ ТЕПЛОНОСИТЕЛЯ АПК-ЛИДЕР (СОВМЕСТНАЯ РАЗРАБОТКА НПП «ТЕХНОПРИБОР» + ИГЭУ)

### АНАЛИЗАТОРЫ ПРИМЕСЕЙ

Комплексный анализ воды включает в себя определение ионного состава, для чего как правило требуется использование нескольких приборов, каждый из которых предназначен для анализа определенной примеси. Но при использовании одного уникального анализатора примесей ЛИДЕР-АПК возможно количественное определение сразу нескольких основных примесей в чистой воде.

В отличие от традиционно применяемых фотоколориметрических анализаторов, ЛИДЕР-АПК - компактный, не требует для работы реагентов, ликвидный по цене. Он определяет содержание примесей на базе кондуктометрических измерений, используя инновационный алгоритм расчета концентрации примесей в чистой воде.



Отмечен золотыми медалями международной выставки инноваций, научных исследований и новых технологий "Брюссель – Эврика 2007" и "Женева - 2010".

### ЛИДЕР – АПК

Стационарный кондуктометрический анализатор примесей в чистой воде.

#### Особенности:

- Цветная сенсорная LCD панель – индикатор и блок управления
- Непрерывное одновременное измерение УЭП пробы до и после Н-фильтра
- Вычисление pH и концентрации аммиака
- Для калибровки и работы не требуются растворы
- Специальные алгоритмы анализа примесей для режимов с подщелачиванием и без него
- Цифровая передача данных от датчика до трансмиттера на расстояние до 500 м



ДЛЯ МОДЕРНИЗАЦИИ СКУ ВХР ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС С ВВЭР НЕОБХОДИМО/ПРЕДЛАГАЕТСЯ:

1. Создание отечественных автоматических анализаторов, не уступающих мировым аналогам по измерению основных нормируемых показателей ВХР для энергоблоков АЭС.
2. Создание системы мониторинга и управления ВХР оборотных систем охлаждения статора и ротора электрогенератора.
3. Внедрение и контроль новых реагентов для обеспечения водно-химического режима основных и вспомогательных систем второго контура АЭС.

**Использование анализатора «Лидер АПК» способствует повышению эксплуатационной надежности и технологической эффективности ВХР и систем его обеспечения путем обнаружения быстротекущих нарушений качества теплоносителя:**

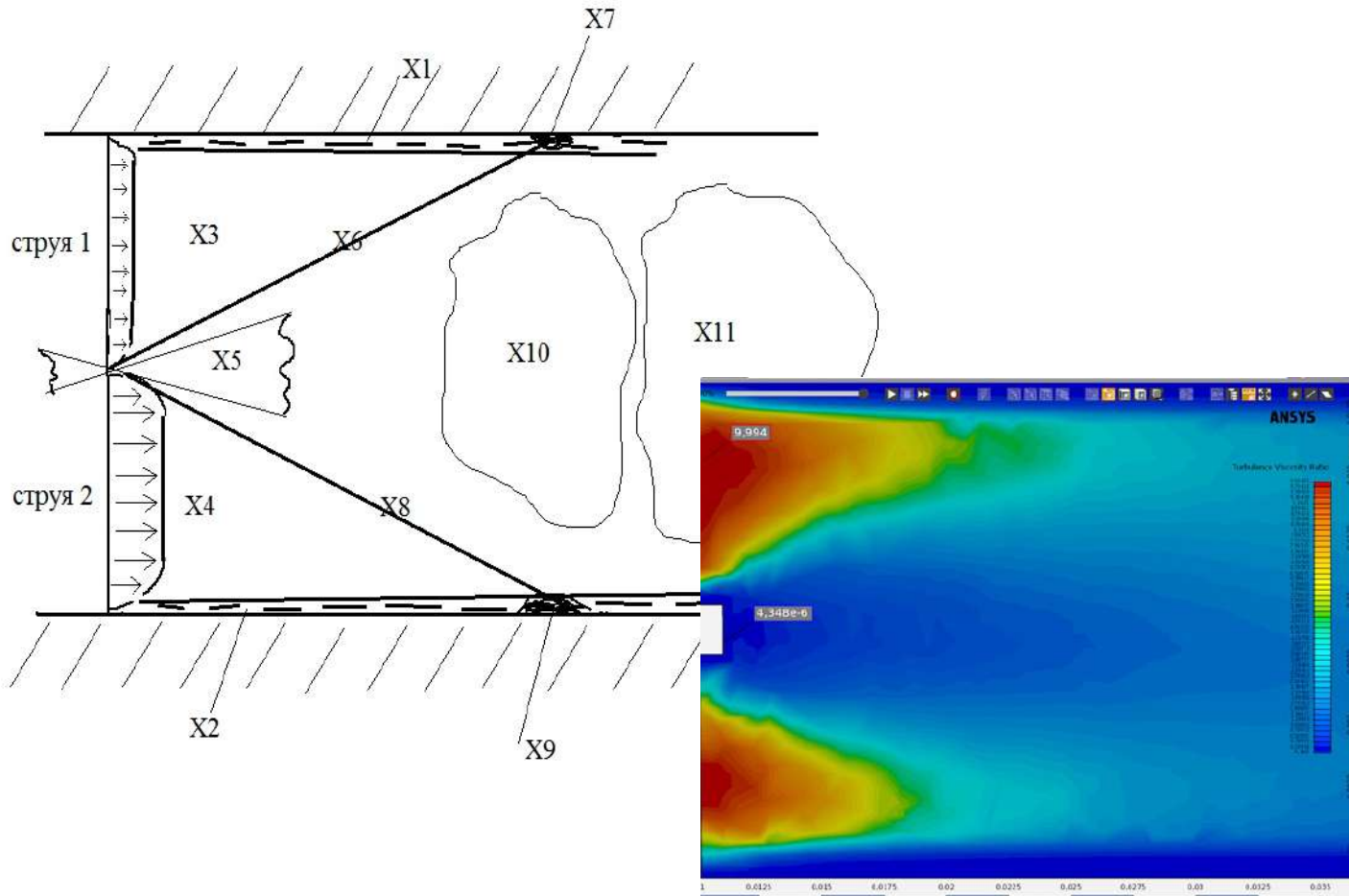
1. Фиксация нарушения ВХР (дефект)
2. Экспертиза нарушения ВХР (поиск причины)
3. Прогнозирование развития нарушения ВХР (дефекта)
4. Рекомендации по коррекции ВХР (устранению нарушения)

## ВНЕДРЕНИЯ

- Опытно-промышленный образец опробован в условиях работы энергоблоков Калининской АЭС, Костромской ГРЭС, Петрозаводской ТЭЦ. На основе разработанного способа предложен метод регулирования pH в системе охлаждения статора электрогенератора паровой турбины. Способ опробован на энергоблоке 300 МВт Конаковской ГРЭС. Приборы серии «Лидер-АПК» установлены и успешно эксплуатируются на Смоленской ГРЭС.
- ПАТЕНТНАЯ ЗАЩИТА: №2573453 от 20.01.2016, №2578045 от 20.03.2016, №153825 от 10.08.2015
- Автоматический анализатор «Лидер-АПК» может использоваться на АЭС (с доработкой программного обеспечения)

# НЕЙРОСЕТЕВАЯ ГИБРИДНАЯ СИСТЕМА ПО ОЦЕНКЕ ВЛИЯНИЯ ТУРБУЛЕНТНОСТИ НА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС

## СХЕМА СЛОЖНОЙ ГИДРОДИНАМИЧЕСКОЙ КАРТИНЫ ТЕЧЕНИЙ С ТУРБУЛЕНТНОСТЬЮ



X1, X2 – турбулентные пограничные слои; X3, X4 – течения на входе в камеру перемешивания; X5 – пограничный слой между струями; X6, X8 – ударные волны; X7, X9 – области взаимодействия ударных волн с турбулентными пограничными слоями; X10 – область действия K-E модели турбулентности; X11 – область действия модели А.Н. Секундова

## ЭТАПЫ РЕАЛИЗАЦИИ ПРОЕКТА

1. Подготовка базы данных обученных нейронных сетей по различным моделям турбулентности. Каждая нейронная сеть включает свой расчет параметров процесса (KE, KW, Секундова, Прандтля, Сполдинга). Участие разных нейронных сетей в окончательной оценке параметров оптимально регулируется сверхнейронной сетью.
2. Построение эффективной структуры сверхнейронной сети, состоящей из обученных нейросетевых фрагментов, полученных на первом этапе. Для настройки применяется специальный гибридный алгоритм оптимизации, разработанный для преодоления локальных экстремумов целевой функции.
3. Валидация и верификация полученных математических моделей. Внедрение интеллектуальной нейросетевой оценки параметров в технологический процесс.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

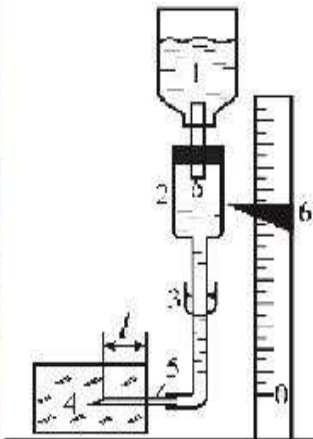
Позволяет повысить качество расчета и прогноза параметров движущихся сред, включая направления:

1. Оценка нагрузок при проектировании воздушных и водных судов
2. Моделирование процессов добычи нефти и газа
3. Моделирование функций сердечно-сосудистой системы, в том числе при создании инструментов введения лекарственных средств

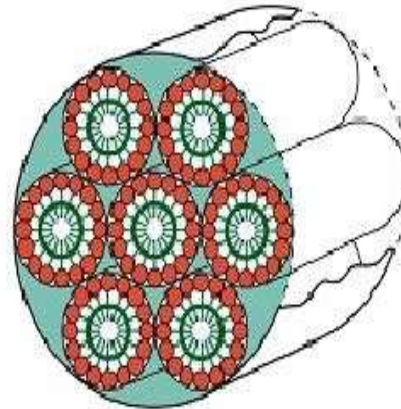
# АВТОМАТИЗАЦИЯ ИЗМЕРЕНИЙ ДАВЛЕНИЯ И ПРОНИЦАЕМОСТИ ВНУТРИ МЕЖПОЗВОНКОВОГО ДИСКА. РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ СОСТОЯНИЯ ЕГО ПУЛЬПОЗНОГО ЯДРА



Измерение давления внутри диска



Структурная схема



Геометрическая модель

## ВНЕДРЕНИЯ

С 2014 года в НХО Кинешемской ЦРБ 305 пациентам были проведены операции пункционной декомпрессивной нуклеопластики под контролем внутридискового давления. Хорошие результаты были достигнуты у 92% пациентов.

Получен патент на Способ измерения внутридискового давления при заболеваниях и повреждениях позвоночника.

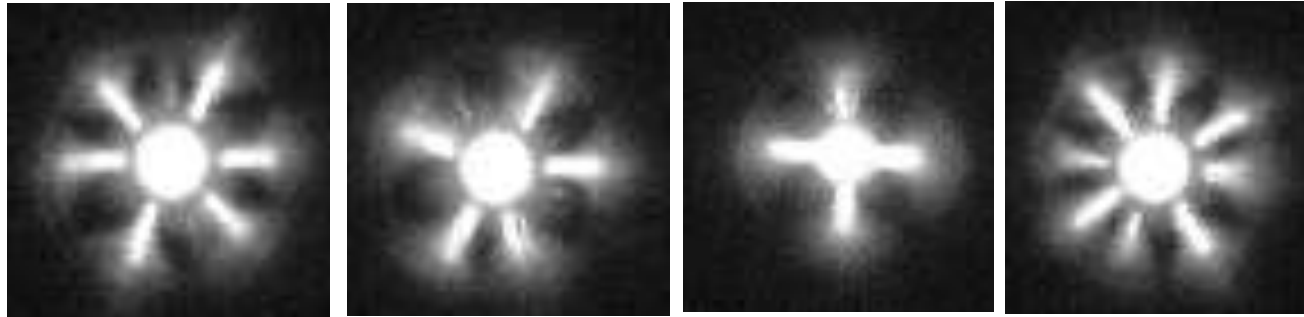
## МЕДИЦИНСКИЙ ДИАГНОСТИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС:

1. Автоматизированная стойка для стандартной инфузионной системы. Применяется для пункционного метода диагностики межпозвонкового диска во время малоинвазивной операции декомпрессивной нуклеопластики межпозвонкового диска.
2. Математические модели (геометрические и комбинаторные), выбираемые по экспериментальным значениям внутридискового давления и проницаемости пульпозного ядра, применяются для определения его молекулярно-массового состава. Молекулярно-массовый состав ядра помогает врачу при выборе препаратов терапевтического лечения.
3. Компьютерная программа управления автоматизированной инфузионной стойкой включает в себя регистрацию измеряемых величин и передачу их в программу выбора геометрических моделей для формирования текста рекомендаций по лечению.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

1. Вертебрология. Диагностика состояния межпозвонковых дисков. Хирургическое и терапевтическое лечение внутридисковой гипертензии.
2. Контролируемое внутривенное введение больших объемов жидких лекарственных препаратов.

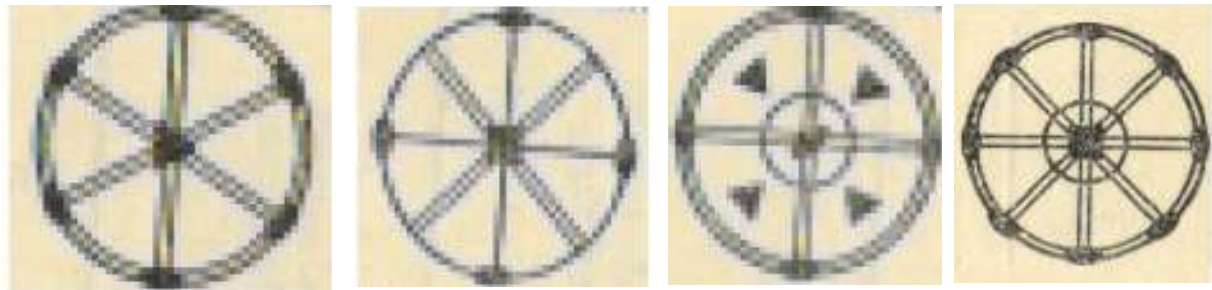
# ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МЕТОДА ГАЗОРАЗРЯДНОЙ ВИЗУАЛИЗАЦИИ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ ВЛИЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВ ПРАКТИЧЕСКОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАГНИТОИМПУЛЬСНОЙ ОБРАБОТКИ ЖИДКИХ ОБЪЕКТОВ



В методе газоразрядной визуализации (ГРВ) киловольтные электроны проходят через каплю исследуемой жидкости. Выйдя из жидкости в воздух, они ионизируют молекулы воздуха, вызывая его свечение, которое и регистрируется. Поскольку характер прохождения киловольтных электронов через жидкие объекты определяется структурой жидкости, полученные картины свечения позволяют судить о внутренней структуре объекта исследования.

Магнитоимпульсная обработка может оказывать существенное влияние на структуру и свойства конденсированного вещества. Наиболее информативным для изучения влияния слабых импульсов магнитного поля на жидкие объекты является метод ГРВ. Иллюстрация некоторых возможностей ГРВ показана на рисунках.

На верхних рисунках показаны стереографические проекции следов свечения исследуемых водных растворов после их магнитоимпульсной обработки. На нижних рисунках показаны стереографические проекции элементов симметрии и плоскостей плотной упаковки ассоциатов, вдоль которых движутся электроны в растворе. Ниже показано количество использованных импульсов магнитного поля.



25 импульсов. Гексагональная 6 m2	10 импульсов. Кубическая 43m	2 импульса. Кубическая m3	15 импульсов. Кубическая m3m
--------------------------------------	---------------------------------	------------------------------	---------------------------------

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

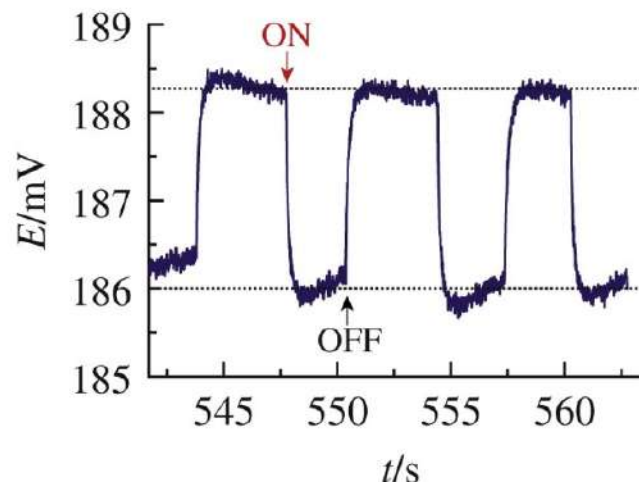
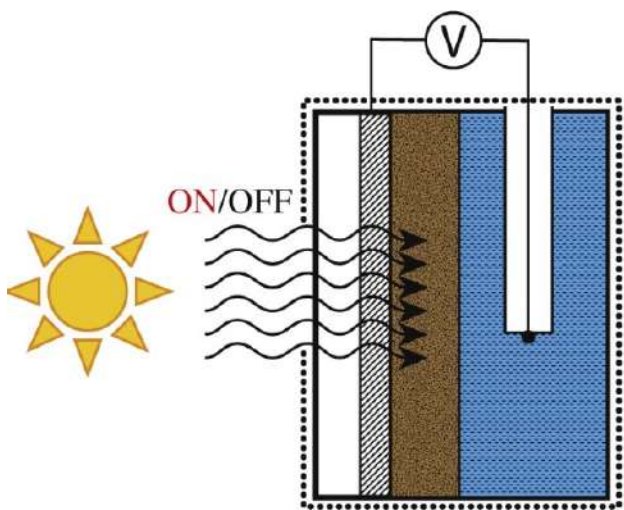
1. Анализ картин ГРВ позволяет определять ориентационный и позиционный порядки в расположении молекулярных комплексов в растворах и оценивать влияние магнитоимпульсной обработки на структуру и свойства исследуемых жидкостей;

2. методом ГРВ обнаружены значительные изменения водно-дисперсной лекарственной среды в процессе ее разбавления. Эти изменения связаны с модификацией биологических свойств лекарственных средств как в процессе разведения, так и при внесении в раствор вспомогательных веществ, используемых в таблетированных формах препарата.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

Результаты исследований опубликованы в 15 статьях, в т.ч. 10 статей в журналах из баз данных Scopus и Web of Science.

# ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ФОРМИРОВАНИЯ ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ СОЕДИНЕНИЙ ПОРФИРИНОВОГО РЯДА



Фотовольтаический отклик порфириновой пленки

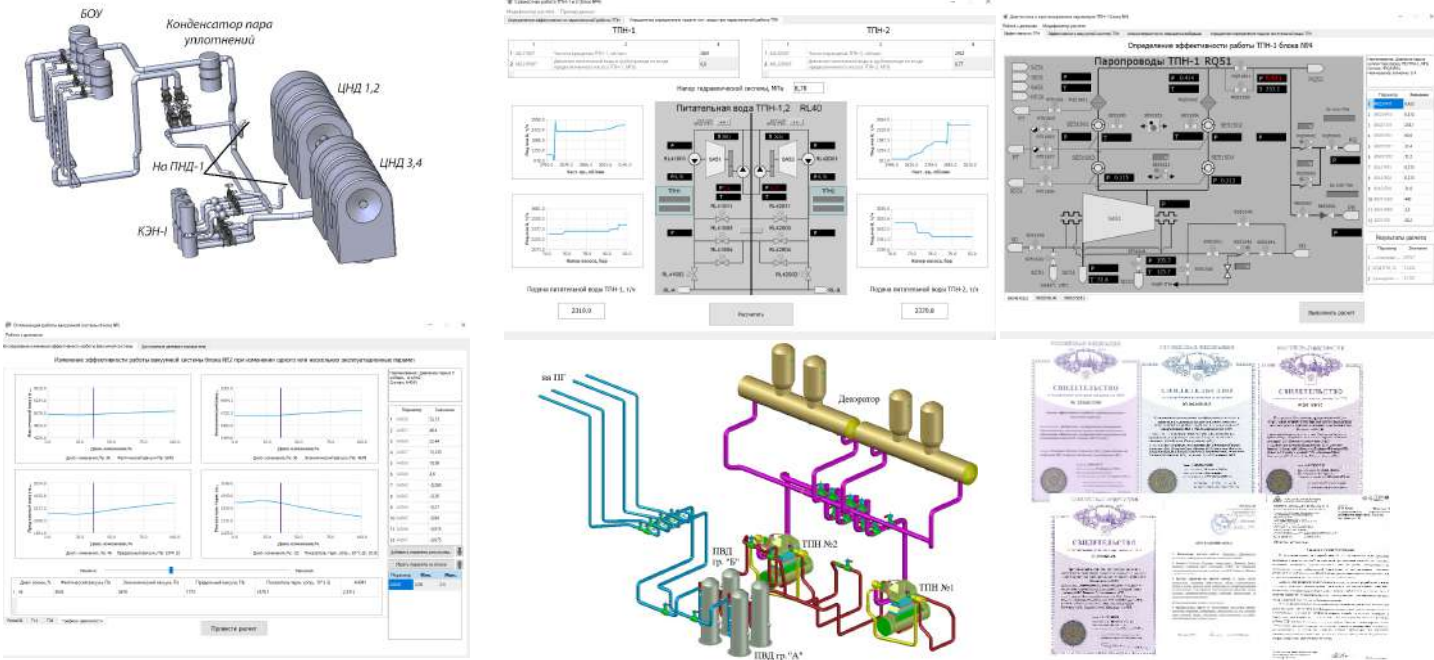
## ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ:

1. Разработан экологичный метод электрохимического формирования полимерных порфириновых пленок при инициировании процесса супероксид анион-радикалом.
2. Определен механизм инициированного супероксид анион-радикалом электрохимического осаждения полипорфириновых пленок.
3. Показана возможность применения полученных покрытий в качестве:
  - 1) активного слоя фотовольтаических и электрохромных устройств;
  - 2) катализаторов электровосстановления кислорода, востребованных как в устройствах преобразования энергии (топливные элементы, цинк-воздушных источники тока, возобновляемые виды топлива и др.), так и для повышения экологической безопасности существующих химических технологий.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

За последние 5 лет по результатам исследований опубликовано более 30 работ в ведущих Российских и международных изданиях, включая журналы *Advances in Colloid and Interface Science*. 253 (2018) 23-34 (IF 7.346, Q1), *Applied Surface Science* 575 (2022) 151732 (IF 7.392, Q1); *Electrochim Acta* 425 (2022) 140742 (IF 7.336, Q1), *J. Electroanal Chem* 918 (2022) 116476 (IF 4.598, Q1), и др.

# ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ АЭС



## ДИАГНОСТИКА И ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ОБОРУДОВАНИЯ И СИСТЕМ АЭС:

Целью проекта является создание на основе технологий машинного обучения высокоточных «цифровых двойников» действующих АЭС, учитывающих технические особенности и специфику эксплуатации каждого отдельного энергоблока.

Достижение поставленной цели позволит:

1. Исследовать возможности **совершенствования режимов работы** тепломеханического оборудования в различных эксплуатационных условиях, не требуя проведения активного промышленного эксперимента.
2. Проводить **диагностику эффективности** эксплуатации оборудования и систем в режиме реального времени.
3. Оказывать **информационную поддержку** эксплуатационному персоналу в режиме реального времени.
4. Определять **технически обоснованные нормы расхода энергии** потребителей собственных нужд АЭС.
5. Оценить **качество** проведения **ремонтных работ и модернизации**.

## ВНЕДРЕНИЯ

ЗА ПЕРИОД 2018-2023 ГГ. С АО «КОНЦЕРН РОСЭНЕРГООАТОМ» ЗАКЛЮЧЕНЫ ДОГОВОРЫ И РЕАЛИЗОВАНЫ МЕРОПРИЯТИЯ ПО ВЫПОЛНЕНИЮ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИХ РАБОТ НА ОБЩУЮ СУММУ БОЛЕЕ 44 МЛН. РУБ.

РАЗРАБОТАНЫ И ВНЕДРЕНА В ПРОМЫШЛЕННУЮ ЭКСПЛУАТАЦИЮ МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ И ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ ДИАГНОСТИКИ, ОЦЕНКИ И ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ТЕПЛОМЕХАНИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ВТОРОГО КОНТУРА ЭНЕРГОБЛОКОВ АЭС ПРОЕКТА В-320, В-338.

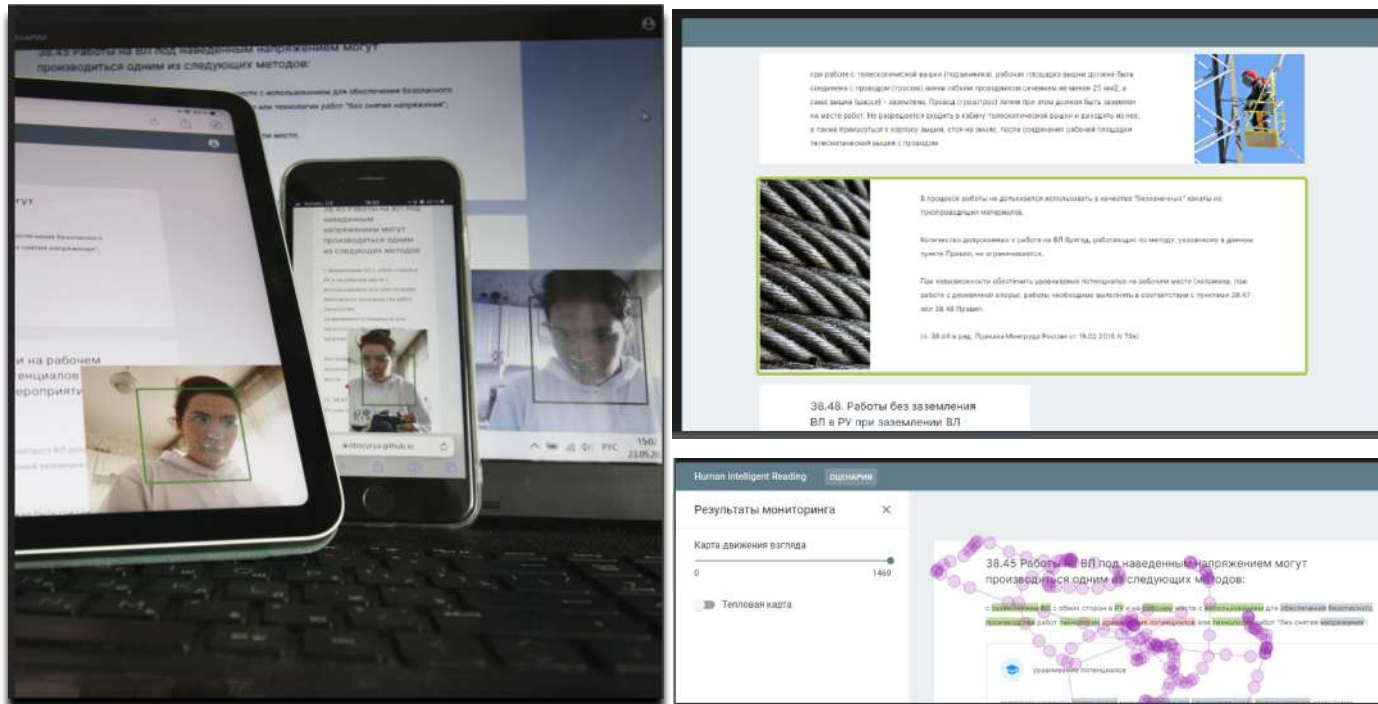
В НАСТОЯЩЕЕ ВРЕМЯ ПРОДОЛЖАЮТСЯ РАБОТЫ ПО СОЗДАНИЮ И ОБЪЕДИНЕНИЮ ПРОГРАММНЫХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ РЯДА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ С ПЕРСПЕКТИВОЙ ПОЛУЧЕНИЯ «ЦИФРОВОГО ДВОЙНИКА» ЭНЕРГОБЛОКА АЭС

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

1. В **промышленной эксплуатации** на объектах тепловой и ядерной энергетики.
2. Создание высокоточных **вычислительных модулей полномасштабных тренажеров** энергоблоков АЭС.
3. Получение **экспериментальных данных по работе оборудования и систем** при проведении научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ.



# СОВРЕМЕННАЯ ИНФОРМАЦИОННАЯ ТЕХНОЛОГИЯ ЦИФРОВОГО ОБУЧЕНИЯ И АТТЕСТАЦИИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ «HUMAN INTELLIGENT READING»



## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ / ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

Разрабатываемое инструмент позволит снизить риски аварий, производственных травм и соответствующих расходов предприятий.

**Область применения:** профессиональное обучение сотрудников.

**Потребители:** электростанции, электросетевые предприятия, промышленные предприятия, монтажные и наладочные организации, образовательные учреждения.

**Научно-технический задел проекта:** 10 свидетельств на программы для ЭВМ, 20 научных материалов по тематике выполняемой работы, 2 научно-технические выставки, 3 международных конкурса, в 2-х из которых проект стал лауреатом в номинации

## ПРИОРИТЕТНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ: информационно-телекоммуникационные системы

Проект направлен на создание программного комплекса для цифрового обучения и аттестации сотрудников предприятий

**АКТУАЛЬНОСТЬ ПРОЕКТА:** использование нейрокомпьютерных алгоритмов позволит индивидуализировать изучаемый контент (его содержание и форму представления), сформировать индивидуальную траекторию обучения (последовательность шагов по представлению контента), повысить степень восприятия, а, следовательно, и усвоения контента за счет нейрооптического канала (фокуса глаз пользователя), который в том числе позволяет организовать автоаттестацию сотрудников путем динамического мониторинга восприятия контента (оценки полноты и качества знаний, сформированных при чтении материалов)

## ОСНОВНЫЕ ПОТРЕБИТЕЛЬСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ:

автоматическое определение объема и качества усвоения изучаемого сотрудником материала, исчерпывающая база знаний нормативно-регуляторных документов, использование автоадаптивного контента при обучении сотрудников

**НАЗНАЧЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ПРОЕКТА:** внедрение HUMAN INTELLIGENT READING позволит отслеживать и актуализировать необходимый уровень знаний сотрудников в режиме реального времени на постоянной основе посредством цифровой образовательной среды с адаптивным под каждого обучающегося контентом

# СИСТЕМА МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ЗДОРОВЬЯ И КОММУНИКАЦИИ СОТРУДНИКОВ ПРЕДПРИЯТИЯ

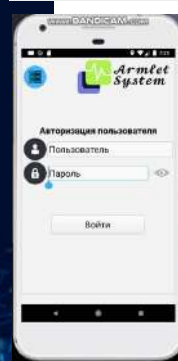
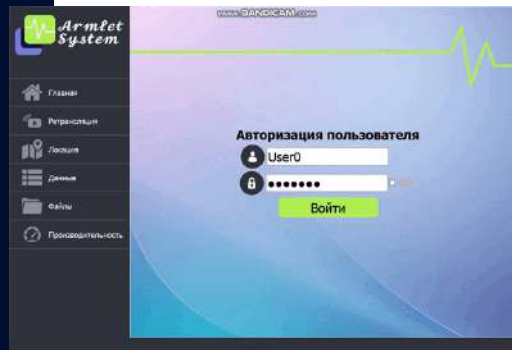


СНТО "Вектор"

## ARMLET SYSTEM

Снижение производственного травматизма

Система мониторинга и коммуникации сотрудников предприятия.



### ФУНКЦИОНАЛ СИСТЕМЫ

### КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

**Целевое назначение** – мониторинг показателей здоровья сотрудников предприятия через индивидуальные гаджеты. Снижение производственного травматизма путем оповещения пользователя о приближении к опасной зоне. Повышение эффективности работы службы охраны труда. Мониторинг локации в режиме прямого соединения.

#### Выполняет :

- **Оповещение** ответственного персонала о резких скачках показателей здоровья сотрудников предприятия
- **Мониторинг** показателей здоровья в реальном времени, сбор и анализ накопленных данных.
- **Организация** коммуникации между сотрудниками предприятия с закреплением распоряжений в единой базе
- **Оповещение** сотрудника о приближении к опасной зоне

### ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

Данная система мониторинга состояния здоровья сотрудников актуальна как **для крупных компаний**, производственные участки которых находятся на удаленных территориях, так и для **небольших фирм**, которым требуется контроль доступа сотрудников в то или иное помещение.

Система востребована широкой аудиторией, ее можно интегрировать в любое предприятие, имеющее доступ к сети.

## ЗАДЕЛ И ПЛАНЫ ПО ЗАЩИТЕ ИС

1. Создан MVP
2. Планируются испытания опытного образца на одном из предприятий области
3. Разработано мобильное приложение, серверное и операторское ПО
4. Организован FTP, Web сервер
5. Опубликовано несколько статей и тезисов по данной разработке
6. По завершению тестирования планируется запатентовать продукт

## МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ГРОЗОЗАЩИТНЫХ АППАРАТОВ



### ИССЛЕДОВАНИЯ ОБОРУДОВАНИЯ:

1. **Исследование** изменения свойств нелинейных **варисторов** грозозащитных аппаратов при их **старении** в условиях эксплуатации
2. Выявление **взаимосвязи** между **защитными характеристиками** грозозащитных аппаратов и **параметрами**, которые можно контролировать в условиях **эксплуатации**
3. **Разработка новых методов диагностики** технического состояния грозозащитных аппаратов, позволяющих учесть изменение нелинейности варисторов в области больших токов

### ОБУЧЕНИЕ ПЕРСОНАЛА:

**Целевое назначение** – подготовка персонала в энергетике, занимающегося диагностикой технического состояния электроэнергетического оборудования

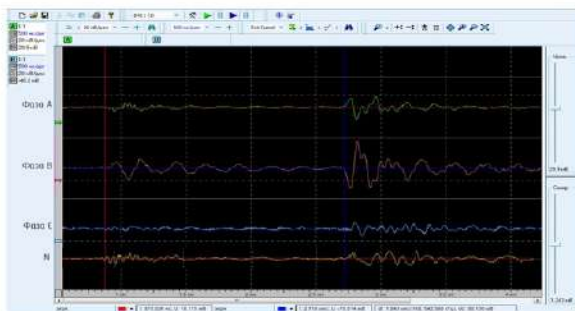
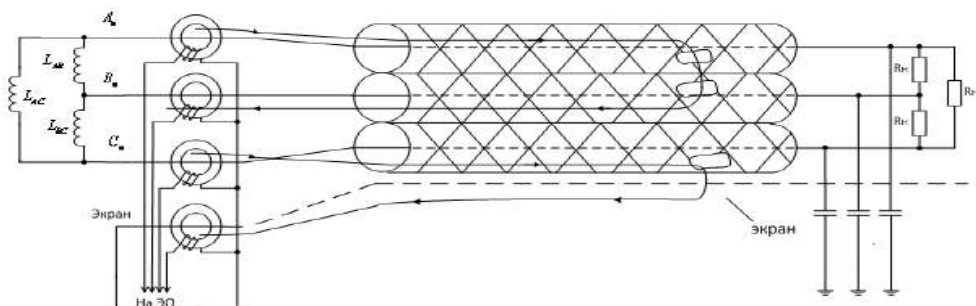
#### Позволяет:

- **проводить диагностику** грозозащитных аппаратов в условиях, максимально приближенных к условиям работы при перенапряжениях
- **осуществлять практическую подготовку** студентов и слушателей института повышения квалификации
- разрабатывать **новые методы диагностики** технического состояния для применения их в условиях эксплуатации

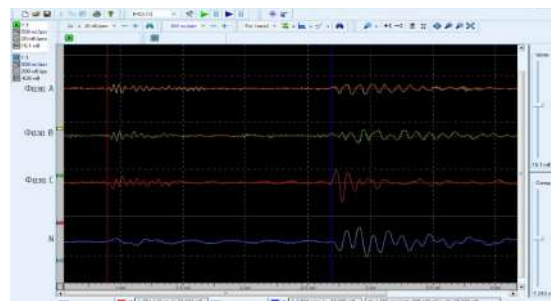
## ЦЕНТР ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

ЗА ПЕРИОД 2023-2025 НА БАЗЕ ИГЭУ ПЛАНИРУЕТСЯ СОЗДАНИЕ ИСПЫТАТЕЛЬНО – СЕРТИФИКАЦИОННОГО ЦЕНТРА ВЫСОКОВОЛЬТНОГО ОБОРУДОВАНИЯ, ИМЕЮЩЕГО В СОСТАВЕ ИСПЫТАТЕЛЬНОЕ ОБОРУДОВАНИЕ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩЕЕ ПОЛНЫЙ СПЕКТР ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ ИСПЫТАНИЙ: ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСНЫХ ТОКОВ (ДО 10 КА), ГЕНЕРАТОР ИМПУЛЬСНЫХ НАПРЯЖЕНИЙ (ДО 1 МВ), УСТАНОВКА ПОСТОЯННОГО И ПЕРЕМЕННОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРОМЫШЛЕННОЙ ЧАСТОТЫ (ДО 100 КВ)

# СИСТЕМА РЕГИСТРАЦИИ ЧАСТИЧНЫХ РАЗРЯДОВ В ИЗОЛЯЦИИ ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КАБЕЛЕЙ



Имитация ЧР в фазах А и В



Имитация ЧР в фазе С и экране

## ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА:

Предлагается создание программно - аппаратного комплекса для системы регистрации частичных разрядов (ЧР) на основе фазового детектирования импульсных токов, фиксируемых электромагнитными трансформаторными датчиками, устанавливаемыми одновременно на линейных (фазных) проводниках кабельной линии (КЛ) и в цепи заземления экранов или защитных оболочек кабелей.

Данный способ контроля изоляции кабельных линий – регистрация и измерение характеристик ЧР является наиболее информативным. Способ позволяет отстраиваться от электромагнитных помех при использовании датчиков в трех фазах и шине заземления.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ:

1. Контроль качества работ **при монтаже** кабельных линий
2. Периодический или непрерывный **контроль состояния** изоляции КЛ, находящихся в эксплуатации
3. Контроль **качества ремонта** КЛ

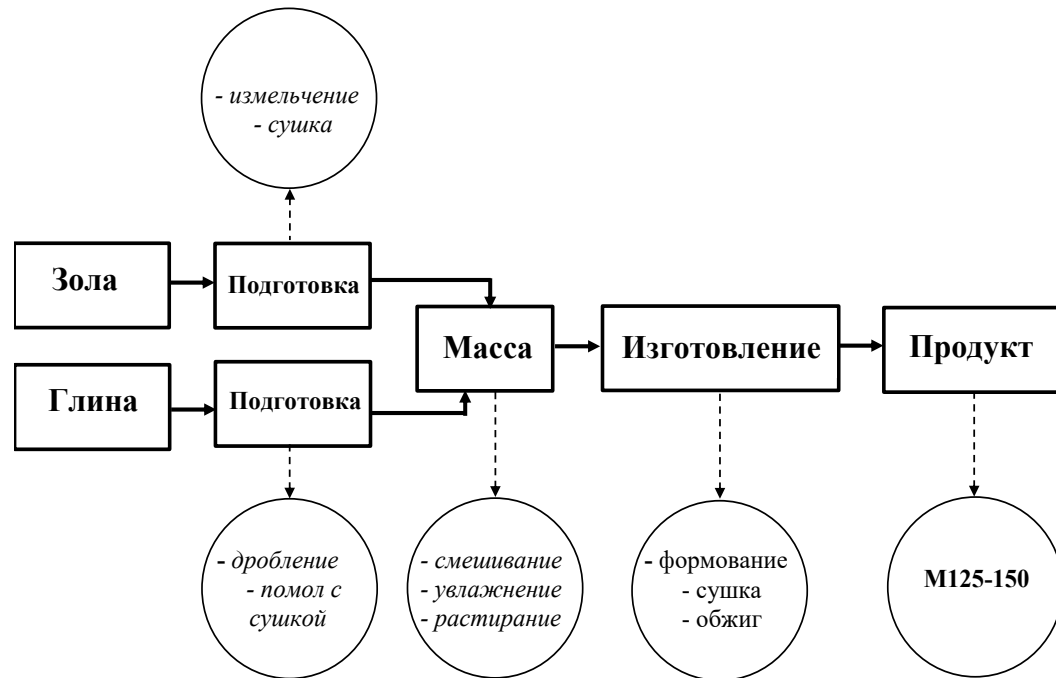
## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ/ВНЕДРЕНИЕ/ЗАДЕЛ

В ПРОЦЕССЕ ЭКСПЛУАТАЦИИ СИЛОВЫЕ КАБЕЛЬНЫЕ ЛИНИИ ПОДВЕРГАЮТСЯ ИСПЫТАНИЯМ ПОСТОЯННЫМ ПОВЫШЕННЫМ НАПРЯЖЕНИЕМ (В 4 – 6 РАЗ ПРЕВЫШАЮЩИМ НОМИНАЛЬНОЕ НАПРЯЖЕНИЕ КЛ).

ДАЖЕ КРАТКОВРЕМЕННОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ НА ИЗОЛЯЦИЮ ПОВЫШЕННОГО ИСПЫТАТЕЛЬНОГО НАПРЯЖЕНИЯ ПРИВОДИТ К ПРЕЖДЕВРЕМЕННОМУ СТАРЕНИЮ ИЗОЛЯЦИИ. НАИБОЛЕЕ ПЕРСПЕКТИВНЫМ СПОСОБОМ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ КАБЕЛЬНОЙ ИЗОЛЯЦИИ ЯВЛЯЕТСЯ СПОСОБ, ОСНОВАННЫЙ НА РЕГИСТРАЦИИ ЧР, ТАК КАК ПРИ ЕГО РЕАЛИЗАЦИИ НЕ ТОЛЬКО УСТАНАВЛИВАЕТСЯ ФАКТ СУЩЕСТВОВАНИЯ ЧР В КЛ, НО И ИЗМЕРЯЮТСЯ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЧР, ПОЗВОЛЯЮЩИЕ ОПРЕДЕЛЯТЬ ОСТАТОЧНЫЙ РЕСУРС ИЗОЛЯЦИИ КЛ. ИССЛЕДОВАНИЯ, ПРОВЕДЕННЫЕ В ИГЭУ ПОДТВЕРЖДАЮТ ВОЗМОЖНОСТЬ РЕГИСТРАЦИИ ЧР В ВЫСОКОВОЛЬТНЫХ КЛ.

# ТЕХНОЛОГИЯ СТЕНОВОЙ ГЛИНОЗОЛЬНОЙ КЕРАМИКИ

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ СХЕМА ПРОИЗВОДСТВА ГЛИНОЗОЛЬНОЙ КЕРАМИКИ



## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПО СРАВНЕНИЮ С ПРОИЗВОДСТВОМ ТРАДИЦИОННОЙ СТРОИТЕЛЬНОЙ КЕРАМИКОЙ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В СУЩЕСТВЕННОМ СНИЖЕНИИ ТЕПЛОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ В ЭНЕРГОЕМКИХ ПРОЦЕССАХ СУШКИ И ОБЖИГА ЗА СЧЕТ РАЦИОНАЛЬНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ РЕЖИМНЫХ УСЛОВИЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ТЕПЛООВОГО ЭФФЕКТА ОТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЗОЛЫ.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Разработана технология производства стеновой глинозольной керамики с применением местного сырья в виде некондиционных глин и техногенных отходов производства – золоотвалов ТЭС.
2. Изделия можно производить по способам полусухого и полужесткого пластического формования в зависимости от свойств глинистого сырья.
3. Исследованы технологические особенности проведения основных стадий производства: подготовки сырьевых материалов и формовочной массы, формования изделий-полуфабрикатов, их термической обработки (сушки и обжига).
4. Годовая продукция после обжига отвечает требованиям к изделиям строительного назначения по физико-механическим и теплофизическим свойствам

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

По разрабатываемой технологии рекомендуется производить стеновые эффективные изделия строительного назначения.

# ТЕХНОЛОГИЯ ПОЛИМЕРНЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

## СРЕДНИЕ ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА ИЗДЕЛИЙ

Прочность при изгибе, МПа	48–54
Прочность при растяжении, МПа	15–20
Ударная вязкость, кДж/м <sup>2</sup>	11–13
Степень поглощения по влаге, %	0,5–1,0
Степень поглощения по маслу, %	0,18–0,2
Коэффициент трения (сухое)	0,3–0,4
Коэффициент трения в масле	0,1–0,15
Интенсивность изнашивания, мм/ч	0,18–0,2
Термостойкость при сухом трении, °С	до 200
Удельное объемное сопротивление, Ом·см	$2,2 \cdot 10^{11}$
Электрическая прочность, кВ/мм	4–5

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМОЙ ТЕХНОЛОГИИ ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ВОЗМОЖНОСТИ ПОЛУЧЕНИЯ ФЕНОПЛАСТОВЫХ КОМПОЗИТОВ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО И ОБЩЕТЕХНИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ, СПОСОБНЫХ ПРОДОЛЖИТЕЛЬНО ВОСПРИНИМАТЬ НЕ ТОЛЬКО СТАТИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОТЕХНИЧЕСКИЕ, НО И УДАРНЫЕ И ДИНАМИЧЕСКИЕ НАГРУЗКИ

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

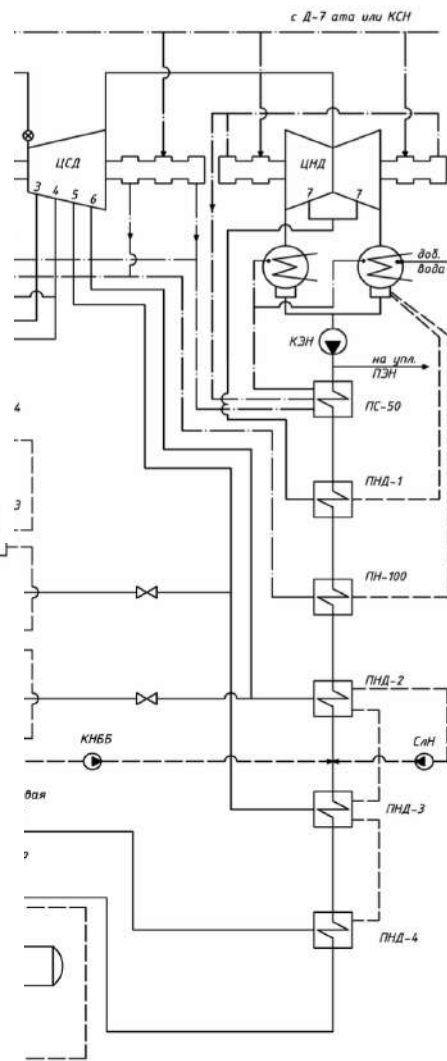
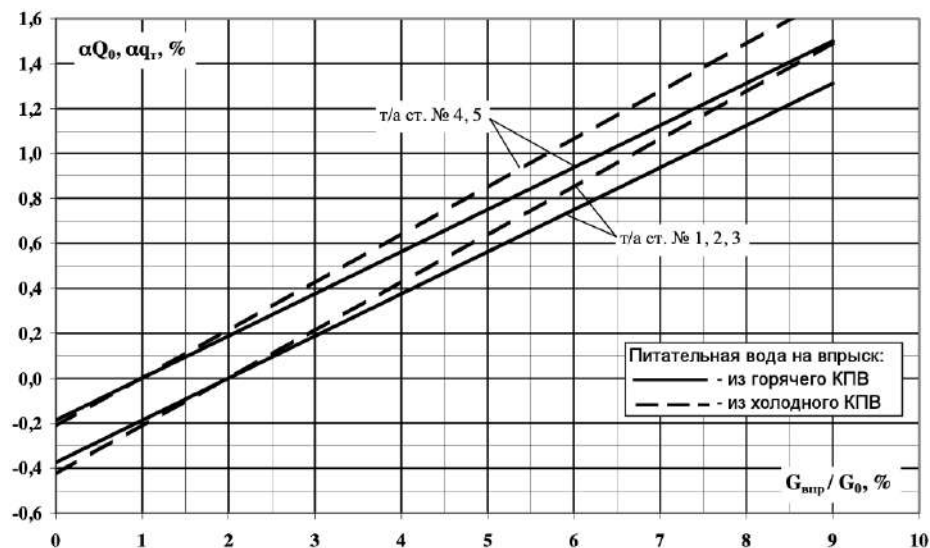
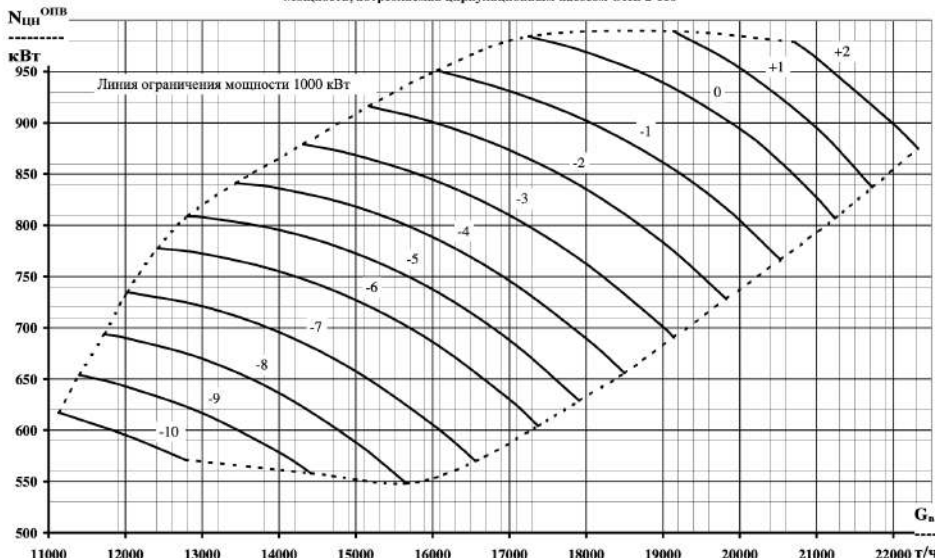
1. Разработана технология производства полимерных композитов с использованием термореактивных фенолоформальдегидных олигомеров и модифицированных отходов целлюлозно-бумажной промышленности
2. Изделия производятся способом термического прессования с предварительной пластикацией модифицированных исходных материалов
3. Годовая продукция отвечает требованиям к изделиям машиностроительного назначения по физико-механическим, трибологическим и электротехническим свойствам и имеет гладкую и блестящую фактуру поверхности и однородную окрашиваемость пигментами.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

По разрабатываемой технологии рекомендуется производить только технические изделия машиностроительного, электротехнического и общетехнического назначения.

# НОРМИРОВАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ТЕПЛОВЫХ ЭЛЕКТРОСТАНЦИЙ

Мощность, потребляемая циркуляционным насосом ОПВ 2-110



Организация и проведение испытаний котельного, турбинного, вспомогательного оборудования электростанций в рамках пусконаладки и режимной наладки, разработки нормативно-технической документации по топливоиспользованию.

Разработка в соответствии с требованиями руководящих документов федерального уровня (Приказ Минэнерго № 323) нормативно-технической документации электро-станций мощностью 10 МВт и более и котельных теплопроизводительностью 50 Гкал/ч и более

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

Имеется обширный опыт проведения испытательных работ различного уровня (включая работы по 1-й категории сложности) котлов, турбин, водоподготовительных установок, насосного оборудования и др.

Высокий уровень квалификации исполнителей подтверждается всероссийской известностью соответствующей программы повышения квалификации, реализуемой специалистами ИГЭУ на базе ИПКиПК в энергетике.

Востребованность обусловлена регламентным характером работ (обязательны в соответствии с требованиями руководящих документов).

# ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РЕЖИМАМИ РАБОТЫ ОБОРУДОВАНИЯ ТЭС

Создать новый расчет | Открыть расчет | Сохранить расчет | Сохранить как... | Переслать расчет по электронной почте | Настройка расчетной модели | Сообщение в службу технической поддержки

Текущая дата: 27.04.2020 | время: 12:00

Температура наружного воздуха,  $t_{\text{вн}} = -27$  °C | Запрос к БД | Отпуск тепла внешним потребителям: Не задано

Температура исходной воды,  $t_{\text{исх}} = 0$  °C | Характеристики топлива:  $Q_{\text{гр}} = 39.31$  ккал/кг

КА ст. №1 В работе | КА ст. №2 В работе | КА ст. №3 В работе | КА ст. №4 В работе | КА ст. №5 В работе | КА ст. №6 В работе | КА ст. №7 В работе | КА ст. №8 В работе | КА ст. №9 В работе | РОУ-140/13 В работе

Турбоагрегат ст. №1 ТТ-80/100-130/13 Режим ПТ2 | Турбоагрегат ст. №2 ТТ-80/100-130/13 Режим ПТ2 | Турбоагрегат ст. №3 ТТ-115/210-130 Режим Т2 | Турбоагрегат ст. №4 ТТ-115/210-130 Режим Т2 | Турбоагрегат ст. №5 ТТ-115/210-130 Режим Т2

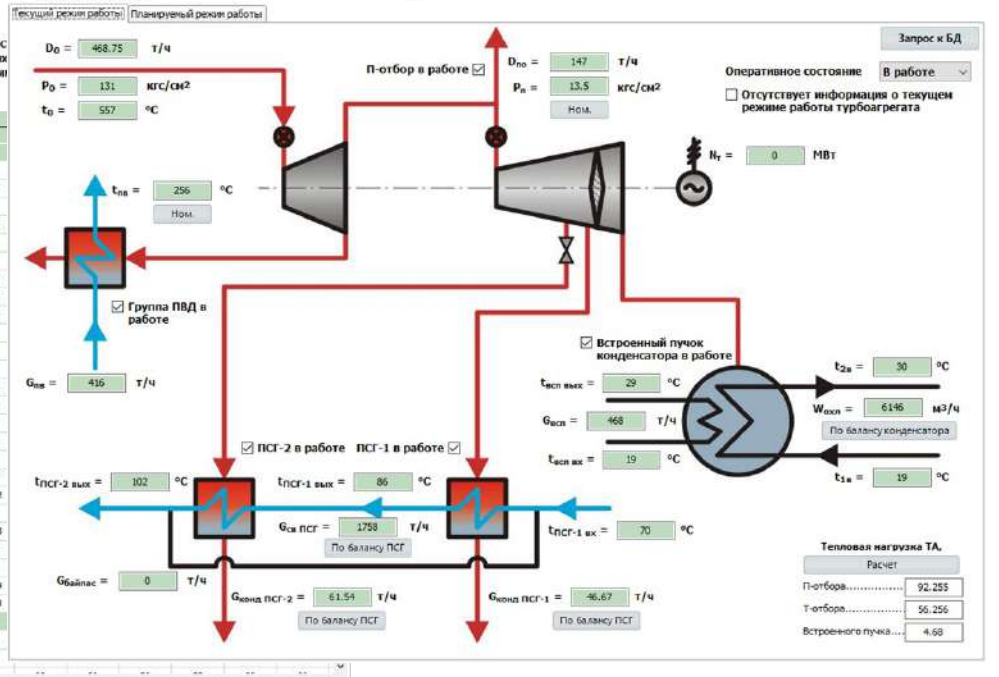
Состав работающих градирен В работе: 6Г №1, 3, 4 | Общестанционные ПВД В резерве | Режим работы испарительных установок В работе: СИУ-1, 2, ВМУ-4, 5 | Установка подпитки теплосети Дата: 15.09.14  $t = 25/95$  °C | Пиковая водогрейная котельная В резерве | Пиковые бойлеры В работе

Суточный график нагрузки электростанции  $N = 592.658$  МВт | Расчет режима работы оборудования для покрытия суточного графика нагрузок | Выполнить расчет | Результаты расчета

КА №4	КА №5	КА №6	КА №7	КА №8	КА №9	СИУ-1	ОИУ
А №3	ТА №4	ТА №5	СТВС	Подпитка теплосети	Общие		
встречная нагрузка, МВт							175
<b>с одноступенчатым подогревом сетевой воды</b>							
рузки							
встречная нагрузка, МВт							50
встречная нагрузка, МВт							175
рузка теплофикационного отбора, Гкал/ч							5
рузка теплофикационного отбора, Гкал/ч							260
<b>с двухступенчатым подогревом сетевой воды</b>							
рузки							
встречная нагрузка, МВт							50
встречная нагрузка, МВт							175

Расчет характеристик относительных приростов себестоимости

	000	100	200	300	400	500	600
	100	200	300	400	500	600	700
<b>Режим работы турбоагрегата ТТ-80/100-130/13 ст. №1</b>							
$N$ , МВт	80	80	80	80	80	80	80
$N_{\text{вн}}$ , МВт	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2	68.2
$N_{\text{вст}}$ , МВт	80	80	80	80	80	80	80
$D_0$ , т/ч	493.3	493.3	493.3	493.3	493.3	493.3	493.3
$P_0$ , атм	130	130	130	130	130	130	130
$t_0$ , °C	555	555	555	555	555	555	555
$Q_{\text{гр}}$ , т/ч	549.7	549.7	549.7	549.7	549.7	549.7	549.7
$T_{\text{вн}}$ , °C	257.9	257.9	257.9	257.9	257.9	257.9	257.9
$D_2$ , т/ч	128.2	128.2	128.2	128.2	128.2	128.2	128.2
$Q_{\text{гр}}$ , МВт/ч	120	120	120	120	120	120	120
$D_3$ , т/ч	190	190	190	190	190	190	190
$P_3$ , атм	14	14	14	14	14	14	14
$Q_3$ , МВт/ч	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2	46.2
$D_4$ , т/ч	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8	88.8
$P_4$ , атм	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23	1.23
$G_{\text{вст}}$ , т/ч	1024	1024	1024	1024	1024	1024	1024
$T_{\text{об}}$ , °C	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3	58.3
$T_{\text{пк}}$ , °C	80.86	80.86	80.86	80.86	80.86	80.86	80.86
$T_{\text{пк}2}$ , °C	103.42	103.42	103.42	103.42	103.42	103.42	103.42
$Q_{\text{вст}}$ , МВт/ч	6978.3	6978.3	6978.3	6978.3	6978.3	6978.3	6978.3
$t_{\text{вн}}$ , °C	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5
$t_{\text{вс}}$ , °C	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6	26.6
$P_2$ , кг/см <sup>2</sup>	0.0619	0.0619	0.0619	0.0619	0.0619	0.0619	0.0619
$q_1$ , ккал/кг	1233.8	1233.8	1233.8	1233.8	1233.8	1233.8	1233.8
<b>Режим работы турбоагрегата ТТ-80/100-130/13 ст. №2</b>							
$N$ , МВт	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1	66.1
$N_{\text{вн}}$ , МВт	61.1	61.1	61.1	61.1	61.1	61.1	61.1



## НАЗНАЧЕНИЕ:

1. Определение уровня фактической и реально-достижимой экономичности работы оборудования
2. Сведение материальных и энергетических балансов, выявление состояния систем учёта и достоверности результатов измерений
3. Разработка математических моделей отдельных агрегатов, технологических систем и электростанции в целом с учётом фактического состояния оборудования
3. Оптимизация состава работающих агрегатов и режимов работы оборудования с целью обеспечения максимальной маржинальной прибыли

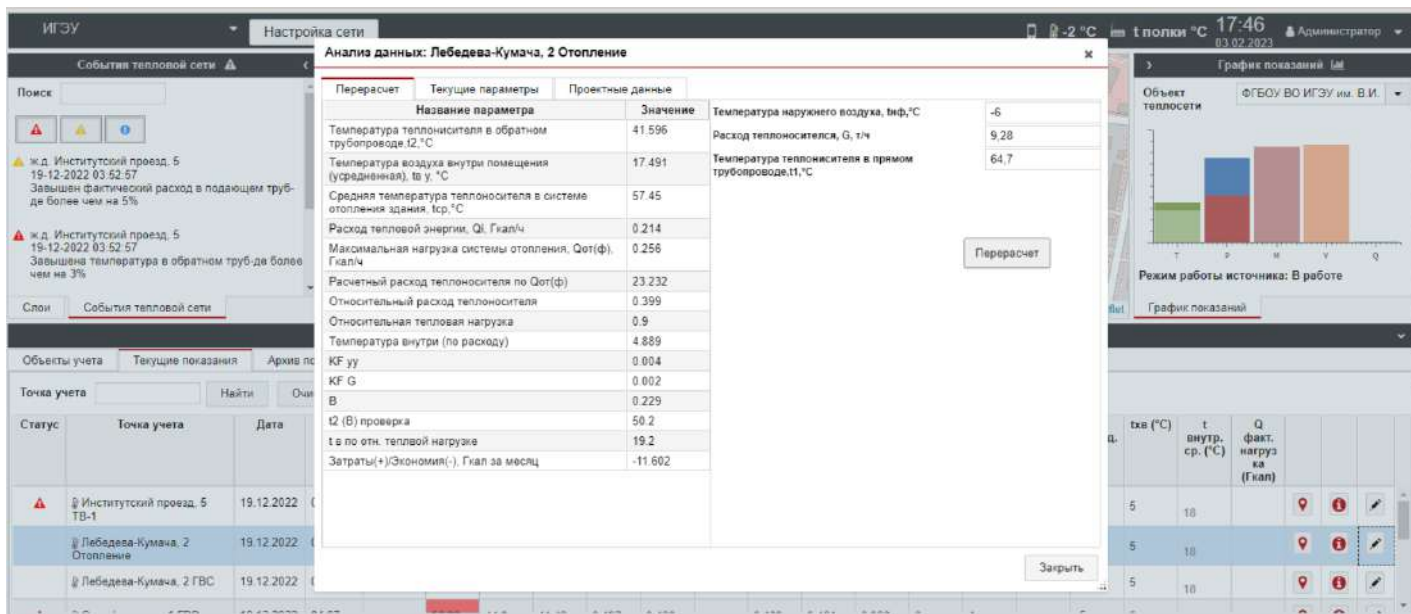
## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ:

Потенциал экономии топлива за счет структурно-параметрической оптимизации параллельно работающих агрегатов зависит от степени использования установленных мощностей, но в большинстве случаев варьируется в пределах от 3 до 10 %, что превосходит по эффекту большинство капиталоемких мероприятий, связанных с реконструкцией и модернизацией оборудования.

В ИГЭУ на протяжении более 15 лет разрабатывается и совершенствуется модульный программный комплекс «ТЭС-Эксперт». К настоящему времени комплекс в разных вариантах (с разным набором функциональных возможностей) работает более чем на 20 электростанциях страны.



# ДИАГНОСТИКА РЕЖИМОВ РАБОТЫ СИСТЕМЫ ОТОПЛЕНИЯ ЗДАНИЯ



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ПРОЕКТА

1. В ведомостях показаний данных УУ отсутствует ряд важных параметров, характеризующих **качество** поставляемой тепловой энергии и **количество** потребленной тепловой энергии по сравнению с договорной нагрузкой. Предлагается повысить информативность показаний узла учета.

2. С использованием экспериментальных данных узла учёта выполняется диагностика режима работы системы отопления и определяется фактическая максимальная тепловая нагрузка здания, относительная тепловая нагрузка и внутренняя температура воздуха.

Значение фактической относительной тепловой нагрузки здания по данным УУ всегда выше рассчитанного по приближенной методике Е.Я. Соколова и, если значение внутренней температуры воздуха при этом находится в допустимых пределах, то отпадает необходимость в наладке режима работы системы отопления здания.

В настоящее время при отсутствии контроля значения температуры внутреннего воздуха выполняется наладка режима работы системы отопления здания, которая не является необходимой. При этом наладка происходит наиболее затратным способом путем увеличения количества воды циркулирующей в системе отопления здания.

Этим объясняется повсеместный «перетоп» зданий.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ

Результаты исследования используются при выполнении **теплогидравлических расчетов** режимов работы системы теплоснабжения населенных пунктов с помощью программно-расчетного комплекса типа ZuluThermo.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА/ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

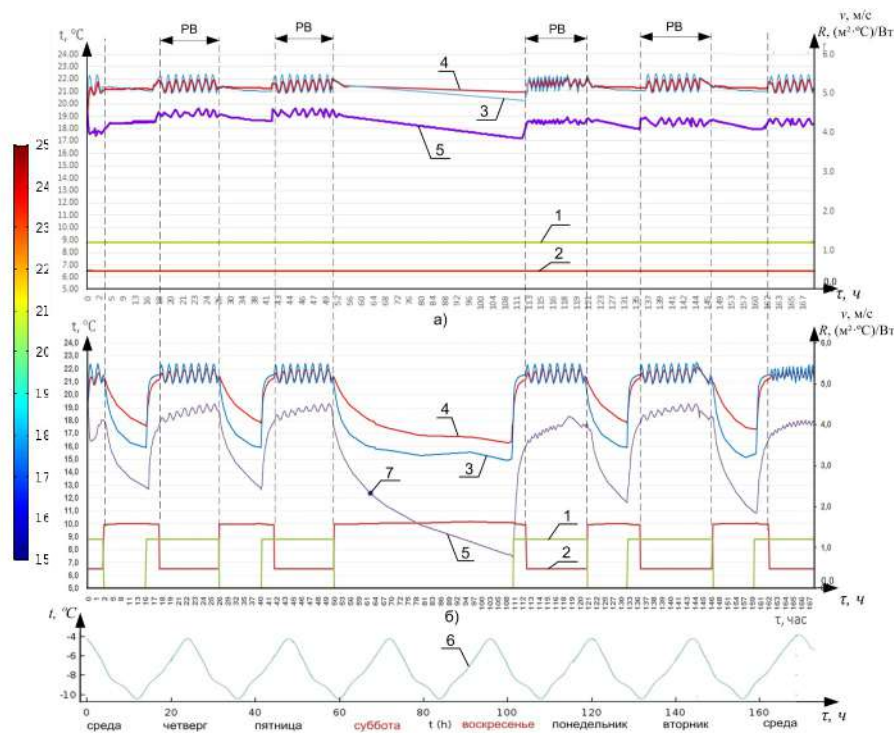
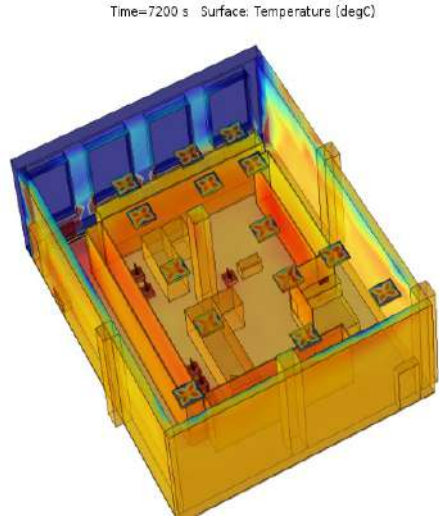
### 1. РАЗРАБОТАНО:

- МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ПОЗВОЛЯЮЩЕЕ ПОВЫСИТЬ ИНФОРМАТИВНОСТЬ ПОКАЗАНИЙ УУ И ОБЕСПЕЧИТЬ МОНИТОРИНГ РЕЖИМА РАБОТЫ СО ЗДАНИЙ;

- ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ, ПОЗВОЛЯЮЩЕЕ ВЫПОЛНИТЬ НАЛАДКУ РЕЖИМА РАБОТЫ СО И ПОЛУЧИТЬ КОРРЕКТНЫЕ ДАННЫЕ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ВЫПОЛНЕНИЯ ТЕПЛОГИДРАВЛИЧЕСКИХ РАСЧЕТОВ СИСТЕМЫ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ.

2. ЭФФЕКТ ОТ СНИЖЕНИЯ ЗАТРАТ НА РАЗРАБОТКУ ЭКОНОМИЧНОГО РЕЖИМА РАБОТЫ СО ОДНОГО ЗДАНИЯ СОСТАВЛЯЕТ ОТ 30 ДО 90 %.

# ЭФФЕКТИВНЫЙ ДИНАМИЧЕСКИЙ МИКРОКЛИМАТ



## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ / ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

Было произведено имитационное моделирование микроклимата для помещения полномасштабного тренажера блочного щита управления АЭС (БЩУ АЭС, ауд. А-169 ИГЭУ). Использование динамического микроклимата, теплоотражающих экранов в окнах, «дежурного» режима отопления позволит на 70 % уменьшить затраты тепловой энергии на поддержание необходимых параметров воздуха в помещении. Срок окупаемости составил 4,6 года. В аудиториях А-170 (каф. ПТЭ) и А-169 (БЩУ АЭС) создается энергоэффективная автоматизированная система кондиционирования воздуха.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Система **динамического микроклимата (ДМ)**, применяемая в рабочий период суток, подает в помещение воздух с непрерывно изменяющимися во времени параметрами воздуха (температура, скорость), что приводит к повышению работоспособности сотрудников (**увеличение качества и производительности труда**) за счет возбуждения центральной нервной системы.
2. В нерабочее время будней и круглосуточно в выходные и праздничные дни целесообразно использовать **«дежурный» режим отопления** помещений, при котором допускается понижать температуру внутреннего воздуха до технически обоснованных значений. Данные значения должны быть рассчитаны индивидуально для каждого помещения. Эта технология приводит к весомому **уменьшению затрат на отопление помещений**.
3. Предлагается использовать также режим **утилизации теплоты** вытяжного воздуха из помещения, а также светопрозрачные ограждающие **конструкции (окна) с экранами**, которые позволяют значительно **снизить тепловые потери**.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

1. Разработанные решения могут успешно применяться при создании микроклимата в жилых, общественно-административных и производственных зданиях.

# ЦИФРОВЫЕ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛИ И ТРАНСФОРМАТОРЫ 6 – 220 КВ



35 кВ



110 - 220 кВ



6 (10) кВ

## ВНЕДРЕНИЯ / ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

Успешная опытно-промышленная эксплуатация:

- ПАО «МРСК Центра и Приволжья», г. Иваново, г. Воронеж, г. Кострома
- НТЦ ФСК, г. Москва,
- АО «Тюменьэнерго», г. Нижневартовск
- ПАО «Россети Ленэнерго»
- ООО «СИБУР», г. Тобольск

Патенты и свидетельства :

- Более 40 патентов;
- Цифровые трансформаторы внесены в реестр средств измерений;
- Получен сертификат ТРТС

КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Система, основанная на физических принципах измерения тока и напряжения, позволяет:

✓ повысить класс точности по току до 0,1s и напряжению до 0,2;

✓ исключить искажения форм вторичных токов и напряжений как в установившихся, так и в переходных режимах;

✓ расширить частотный спектр измеряемых электрических величин в сторону низких частот вплоть до постоянной составляющей (0 Гц) и в сторону высоких частот (до  $10^6$  Гц).

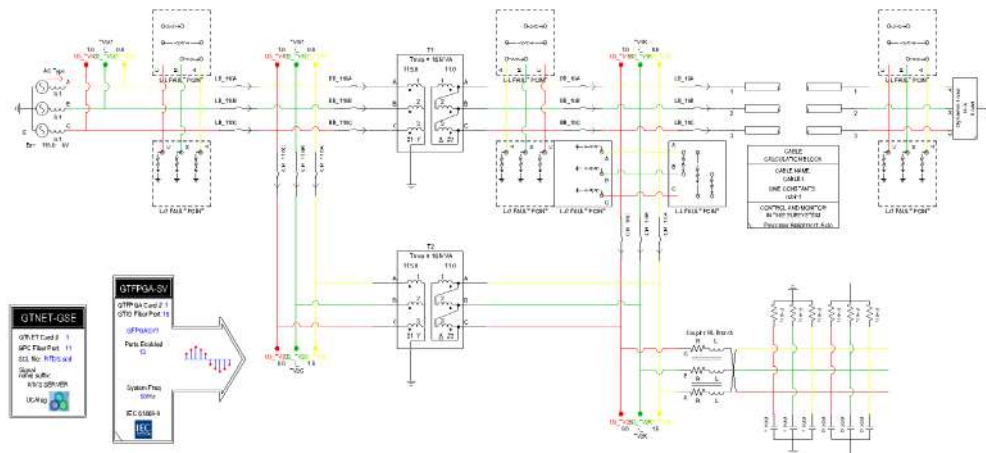
2. Передача цифровой информации по оптоволоконному каналу с передатчика, установленного на первичной стороне, позволяет:

✓ исключить электромагнитные наводки и как следствие исключить искажения в канале связи;

✓ использовать стандартные протоколы, в том числе IEC 61850-9-2;

✓ применить твердый диэлектрик в качестве основной изоляции, исключив масло или элегаз.

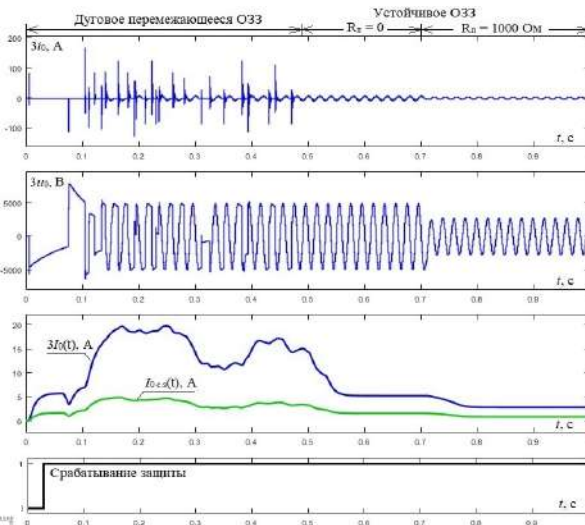
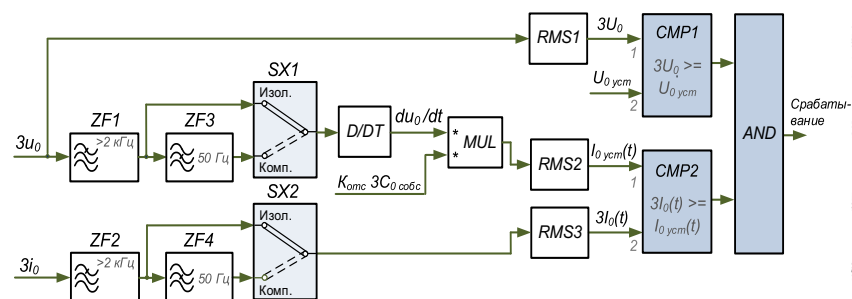
# КИБЕРФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ЭЛЕКТРОЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Моделирование процессов на полигоне «Цифровая подстанция» в ИГЭУ;
2. Исследование сложных процессов в электроэнергетическом оборудовании и прилегающей сети на математических моделях в реальном времени процессов с применением программно-аппаратного комплекса (ПАК RTDS).
3. Разработка «цифрового двойника» реального оборудования
4. Исследование нормальных и аварийных режимов работы оборудования энергетического оборудования
5. Испытание устройств автоматического управления и релейной защиты в режимах аналогичных реальным.
6. Разработка новых алгоритмов работы релейной защиты и автоматики

# УНИВЕРСАЛЬНЫЕ АДАПТИВНЫЕ ЗАЩИТЫ ОТ ЗАМЫКАНИЙ НА ЗЕМЛЮ НА МУЛЬТИЧАСТОТНОМ ПРИНЦИПЕ ДЛЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СЕТЕЙ 6-10 КВ



Осциллограммы, демонстрирующие работу адаптивной токовой защиты при внутреннем замыкании на землю

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Различие режимов заземления нейтрали, применяемых в электрических сетях 6–10 кВ, и разновидностей однофазных замыканий на землю (ОЗЗ) (устойчивые ОЗЗ – металлические и через переходное сопротивление, дуговые перемежающиеся, дуговые прерывистые ОЗЗ, кратковременные самоустраняющиеся пробои изоляции) обуславливает различие принципов выполнения защит от данного вида повреждений и методик выбора уставок, что приводит к усложнению их проектирования и эксплуатации.
2. Поэтому актуальной является задача создания **универсальных** по принципу действия и методике выбора уставок защит от ОЗЗ, пригодных для применения как в компенсированных, так и некомпенсированных сетях 6–10 кВ.
3. Для создания универсальных защит от ОЗЗ использован **мультимастотный подход**, основанный на использовании для действия защиты суммы составляющей основной частоты и высших гармонических составляющих тока и напряжения нулевой последовательности, предложенный АВВ (Финляндия).

## ВНЕДРЕНИЯ / ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

За период 2013–2022 гг. выполнены НИОКР для крупнейшего российского разработчика микропроцессорных защит ООО НПП «ЭКРА», а также соглашение о предоставлении субсидии в рамках федеральной целевой программы на общую сумму 23,5 млн руб.

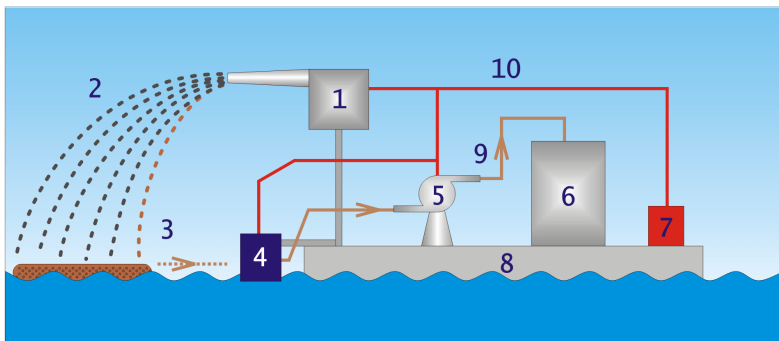
В рамках работ получены новые технические решения в части способов выполнения **универсальных адаптивных токовой и адмитансной защиты от замыканий на землю**, не имеющих аналогов в России и других странах. Для объектов, не оснащенных первичными преобразователями для измерения напряжения нулевой последовательности или всех фазных напряжений, разработаны **многопараметрические токовые защиты нулевой последовательности**. Разработанные решения защищены **6 патентами**. Высокое техническое совершенство разработок подтверждены лабораторными и исследовательскими испытаниями.

Внедрение разработок в части многопараметрических токовых защит от однофазных замыканий на землю ведется с НПП «АЛИМП» (г. Нижний Новгород), в части централизованных универсальных защит от ОЗЗ – с АО «Радиус-Автоматика» (г. Зеленоград).

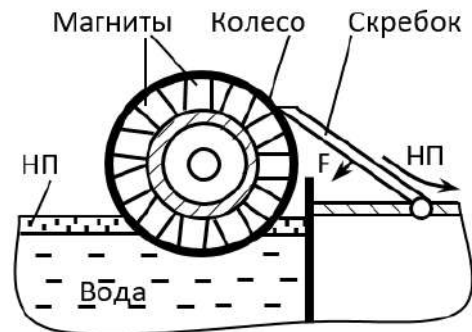
## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

**Центры питания, распределительные и приемные трансформаторные подстанции** кабельных и воздушных сетей 6-10 кВ, работающие с малыми токами замыкания на землю.

# МАГНИТОЖИДКОСТНЫЙ СПОСОБ ОЧИСТКИ ПОВЕРХНОСТИ ВОДЫ ОТ НЕФТЕПРОДУКТОВ



- 1 - разбрызгивающее устройство с запасом магнитной жидкости
- 2 - капли магнитной жидкости
- 3 - нефтепродукт
- 4 - магнитосборник
- 5 - насос
- 6 - бак для сбора нефтепродукта
- 7 - источник питания
- 8 - плавучая платформа
- 9 - нефтепроводы
- 10 - силовые электрические цепи



## Актуальность:

При авариях на нефтепроводах практически всегда часть нефтепродукта (НП) попадает в моря, реки или закрытые водоемы. Особенно тяжелые последствия вызывают крушения нефтеналивных судов, аварии на нефтедобывающих платформах или на морских нефтепроводах и их переходах через водные преграды. Аварийные разливы НП возможны также на промышленных предприятиях, которые при всей их редкости часто наносят больший вред, чем регулируемые промышленные и ливневые стоки, также требующие очистки от содержащихся в них НП.

Во всем мире ведутся работы по созданию новых методов очистки вод от НП и, в частности, сбора их с поверхности воды. Обычно наибольшую долю НП составляют легкие фракции, которые всплывают на поверхность воды и там могут быть отделены от неё. Таким образом, разработка новых высокоэффективных методов и средств сбора НП с поверхности воды, как для ликвидации аварийных выбросов, так и очистки промышленных стоков, представляет собой актуальную задачу.

## Технология:

Магнитокапельный способ очистки заключается в предварительном омагничивании НП путем внесения в них нанодисперсной МЖ или мелкодисперсного магнитного порошка и в последующем сборе «магнитных» нефтепродуктов с использованием специального магнитосборника.

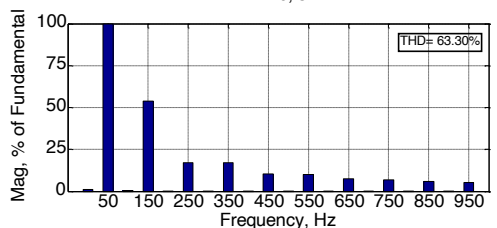
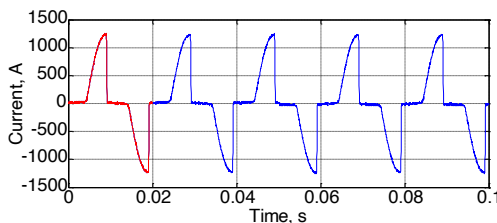
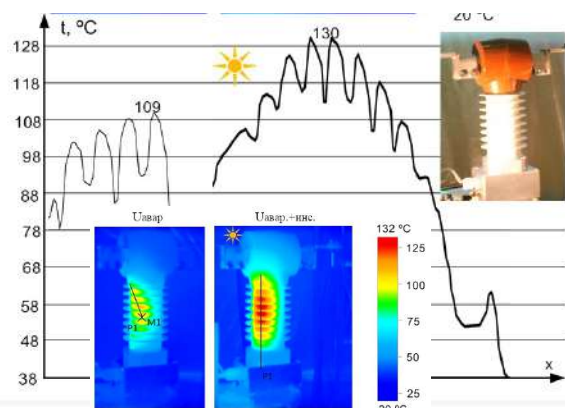
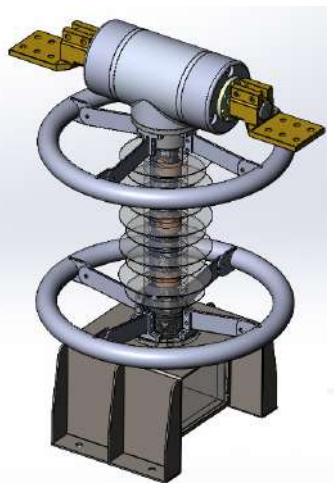
Магнитокапельный способ очистки воды от НП позволяет практически без воды собирать пленки минимальной толщины, что обычными механическими методами недостижимо, а другими (адсорбционным, биологическим и т.п.) достаточно сложно. Рассматриваемый способ целесообразно использовать для более глубокой поверхностной очистки промышленных и сточных вод, а также для очистки поверхности водоемов, особенно при аварийных разливах.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

ПО ДАННОЙ ПРОБЛЕМАТИКЕ ВЫПОЛНЕН РЯД ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ, ПОКАЗЫВАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ДАННОГО МЕТОДА В СРАВНЕНИИ С ТРАДИЦИОННЫМИ СПОСОБАМИ СБОРА НЕФТЕПРОДУКТОВ, ОПУБЛИКОВАНЫ СТАТЬИ В ВЕДУЩИХ РОССИЙСКИХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ ЖУРНАЛАХ, ПОЛУЧЕНЫ ПАТЕНТЫ НА ИЗОБРЕТЕНИЯ И ПОЛЕЗНЫЕ МОДЕЛИ

НАЛИЧИЕ В СТЕНАХ ИГЭУ ПРОБЛЕМНОЙ НАУЧНО- ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ ЛАБОРАТОРИИ ПРИКЛАДНОЙ ФЕРРОГИДРОДИНАМИКИ – ОСНОВНОГО ПРОИЗВОДИТЕЛЯ МЖ В РОССИИ

# РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ЭЛЕКТРОННЫХ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ ТРАНСФОРМАТОРОВ



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Разработка способов и методов (методик) определения технического состояния трансформатора по данным мониторинга параметров, определяющих его режим работы (с учетом влияющих факторов).
2. Определение диагностических признаков, позволяющих на ранней стадии выявить дефекты в подсистемах и узлах цифрового трансформатора.
3. Определение критериев перехода трансформатора в неработоспособное состояние (или нарушение функционирования) по результатам лабораторных исследований и анализа эксплуатационной статистики.
4. Разработка алгоритмов технической диагностики по данным мониторинга.
5. Разработка элементов информационной модели трансформатора, учитывающих функции определения технического состояния.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

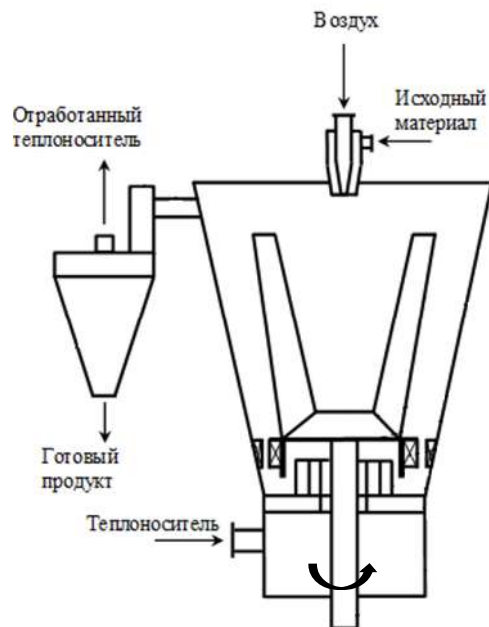
1. Контроль технического состояния электронных измерительных трансформаторов по температуре нагрева, характеристикам разрядов в изоляции.
2. Контроль насыщения и остаточной намагниченности магнитопроводов преобразователей в составе электронных измерительных трансформаторов.
3. Повышение надежности электроснабжения за счет раннего выявления дефектов в работе электронных трансформаторов и вывода их из эксплуатации, предотвращая дорогостоящий ремонт при аварии.

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

1. ОПУБЛИКОВАНО 7 СТАТЕЙ В ЖУРНАЛАХ, ИНДЕКСИРУЕМЫХ ВАК, SCOPUS И WEB OF SCIENCE.
2. ЗАРЕГИСТРИРОВАНО 4 ПАТЕНТА НА ИЗОБРЕТЕНИЕ.

# ВИХРЕВАЯ СУШИЛКА ДЛЯ ВЫСОКОВЛАЖНЫХ ТОНКОДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

СХЕМА СУШИЛКИ



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Разработана конвективная вихревая сушилка для высоковлажных дисперсных материалов
2. В сушильной установке с конвективным подводом теплоты осуществляется интенсивное обезвоживание высоковлажных дисперсных материалов при начальной влажности до 80% и конечной 2,5÷5% с возможностью регулирования время пребывания и конечной влажности частиц высушиваемого материала
3. В сушилки возможно совмещение нескольких технологических процессов, таких как сушка, смешение, распыление, измельчение
4. Имеет практика промышленного использования сушильного агрегата для термообработки асбеста, стеарата цинка, белой сажи, тальковой руды, огнетушащего порошка, золы гидроудаления.

## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ

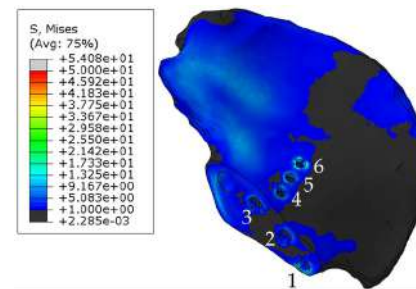
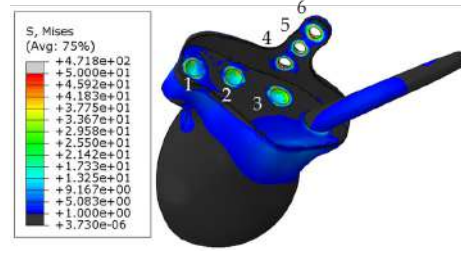
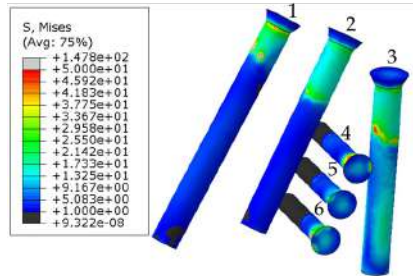
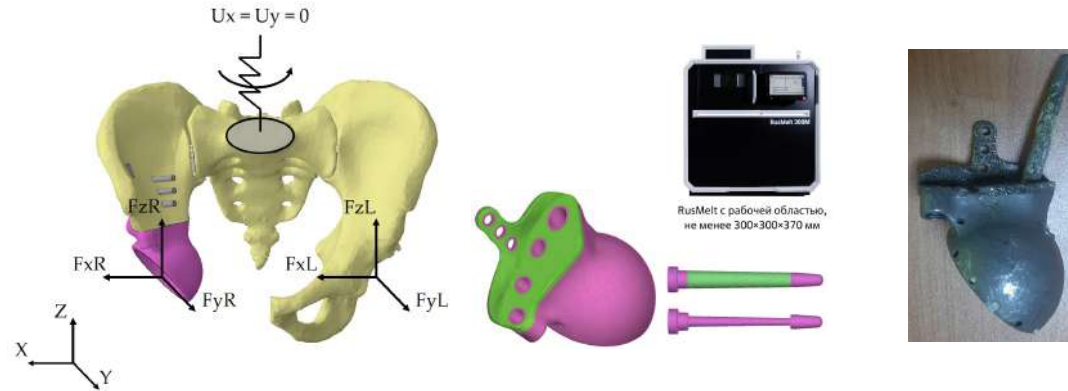
ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРЕДЛАГАЕМОЙ СУШИЛКИ ВИХРЕВОГО ТИПА ЗАКЛЮЧАЕТСЯ В ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ ВЫСОКОВЛАЖНЫХ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ВОДНЫХ СУСПЕНЗИЙ С ВОЗМОЖНОСТЬЮ СОВМЕЩЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ И РЕГУЛИРОВАНИЯ КОНЕЧНОЙ ВЛАЖНОСТИ ВЫСУШИВАЕМОГО МАТЕРИАЛА.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ

Сушилка вихревого типа с конвективным подводом теплоты может использоваться для сушки тонкодисперсных материалов и водных суспензий



# РАЗРАБОТКА МЕТОДОВ ОЦЕНКИ ПРОЧНОСТИ АДДИТИВНО-ПРОИЗВОДИМЫХ ИНДИВИДУАЛЬНЫХ ЭНДОПРОТЕЗОВ КРУПНЫХ СУСТАВОВ



## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ / ВНЕДРЕНИЯ / ЗАДЕЛ

РЕАЛИЗОВАННЫЕ ПРОЕКТЫ ВЫПОЛНЯЛИСЬ ПО ЗАКАЗУ ФГБУ «НМИЦ ЦО ИМЕНИ Н.Н. БЛОХИНА» (Г. МОСКВА) И ФГБУ «НМИЦ ТО ИМЕНИ Р.Р. ВРЕДЕНА» (Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ) В НАУЧНОМ СОТРУДНИЧЕСТВЕ С ЦЕНТРОМ КОМПЕТЕНЦИЙ НТИ «НОВЫЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ» СПбПУ ПЕТРА ВЕЛИКОГО (Г. САНКТ-ПЕТЕРБУРГ)

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

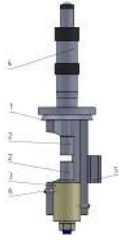
1. Разработка пространственных компьютерных моделей костных структур высокой степени адекватности на основе данных компьютерной томографии и на их основе конечно-элементных моделей средствами цифрового инжиниринга
2. Разработка конечно-элементных моделей эндопротезов, учитывающих анизотропию упругих свойств, имеющую место при 3D-печати, в том числе сложной пространственной структуры (решетчатые структуры, поверхности с развитой пористостью и т.п.)
3. Теоретические и экспериментальные исследования упругих и прочностных свойств аддитивно-производимых материалов, в том числе с различной внутренней структурой
4. Компьютерное моделирование напряженно-деформированного состояния биомеханических систем, образованных костными структурами и замещающими разрушенные части эндопротезами в различных условиях нагружения, моделирующих нормальную двигательную активность человека

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

1. Тканевая инженерия и высокотехнологичная персонализированная медицина – цифровое проектирование и аддитивное производство индивидуальных эндопротезов и костных имплантов с прогнозируемыми физико-механическими свойствами

# РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ КОМПОЗИЦИОННЫХ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ

## ИЛЛЮСТРАЦИЯ ПРОЕКТА



Электроизмерительная ячейка

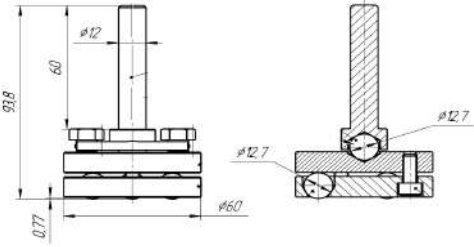
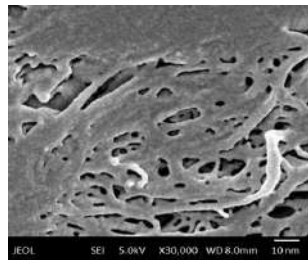
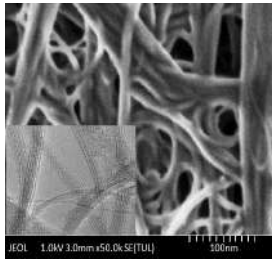


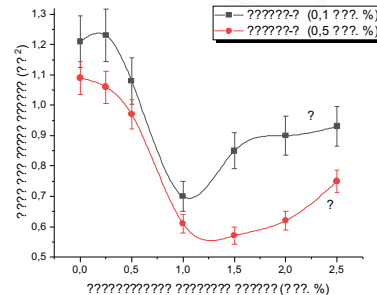
Схема трения



Трибометр



СЭМ микрофотографии VM/Таунит-М (1,5 мас. %) до трения (во врезке — ПЭМ микрофотография) и после трения



## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА/ ВНЕДРЕНИЕ

ЗА ПЕРИОД 2016-2022 ГГ. ВЫПОЛНЕНО 2 ГРАНТА (РФФИ 18-29-19150 МК РАЗРАБОТКА ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИХ ОСНОВ СОЗДАНИЯ ВЫСОКОЭФФЕКТИВНЫХ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ОСНОВЕ УГЛЕРОДНЫХ НАНОСТРУКТУР ДЛЯ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИЯ В МАШИНОСТРОЕНИИ, ГРАНТ МИНОБРНАУКИ РФ «ГЕТЕРОЦИКЛИЧЕСКИЕ ЗВЕЗДООБРАЗНЫЕ, ДИСКОТИЧЕСКИЕ И ПОЛИКАТЕНАРНЫЕ МЕЗОГЕНЫ КАК ПОЛИФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ «УМНЫЕ» НАНОМАТЕРИАЛЫ») (ПРОЕКТ №FZZM-2023-0009) РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ ВНЕДРЕНА В НЕСКОЛЬКО МЕХАНИЗИРОВАННЫХ ХОЗЯЙСТВ И В ВОССТАНОВИТЕЛЬНО-РЕМОНТНОМ ОТРЯДЕ ПРИ ГЛАВНОМ УПРАВЛЕНИИ МЧС РОССИИ ПО ИВАНОВСКОЙ ОБЛАСТИ. ПО ТЕМЕ ПРОЕКТА ОПУБЛИКОВАНО 12 РАБОТ В ЖУРНАЛАХ WEB OF SCIENCE И SCOPUS.

## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. В качестве углеродных присадок в трибологических исследованиях будет систематически исследована новая серия углеродных нанотрубок, состоящая из 8-ми представителей, отличающихся по форме (цилиндрические и конические,  $\text{cyl-CNT}$  и  $\text{con-CNT}$ ) и модификации структуры: допированные азотом ( $\text{cyl-N-CNT}$  и  $\text{con-N-CNT}$ ), модифицированные стеариновой кислотой (нековалентно связанная SA:  $\text{cyl-CNT-SA}$  и  $\text{con-CNT-SA}$ ) и функционализированные стеариновой кислотой (ковалентно связанная SA:  $\text{cyl-CNT-OH-SA}$  и  $\text{con-CNT-OH-SA}$ ).

2. Детальное исследование будет проведено на широком ряде объектов (нанотрубок и пластичных смазочных материалов) при одинаковых экспериментальных условиях (оборудование, концентрации дисперсий и пр.), что позволит установить влияние структуры углеродных нанотрубок на физико-химические характеристики, трибологические, реологические свойства и электропроводность их дисперсий в пластичных смазочных материалах (как промышленно выпускаемых, так и модельных).

3. Функционализация нанотрубок впервые будет систематически рассмотрена не только как способ повышения растворимости и устойчивости дисперсий в базовых смазках, а как фактор физико-химических процессов взаимодействия УНТ с компонентами базовой смазки, влияющий на реологические, трибологические свойства и электропроводность пластичных смазочных материалов.

4. Представленный проект впервые с использованием междисциплинарного подхода решает поставленные задачи направленного дизайна эффективных пластичных смазочных материалов с заданными свойствами.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

Узлы трения сельскохозяйственной техники, пожарной техники, электромобилей

# ВИБРАЦИОННАЯ ДИАГНОСТИКА ТЕХНИЧЕСКИХ И БИОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ



## НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ СОСТАВЛЯЮЩАЯ

- Разработка методик, алгоритмов и программных средств оценки технического состояния, мобильных технических средств вибрационного мониторинга и предиктивной диагностики роторных промышленных машин
- Разработка методов и программно-технических средств испытаний вибро- и шумоизолирующих материалов
- Разработка вибрационных резонансных методов диагностики и идентификации для реабилитации биомеханических объектов

## ОБРАЗОВАТЕЛЬНАЯ СФЕРА

Реализация образовательных программ подготовки и переподготовки кадров в области диагностики и неразрушающего контроля оборудования

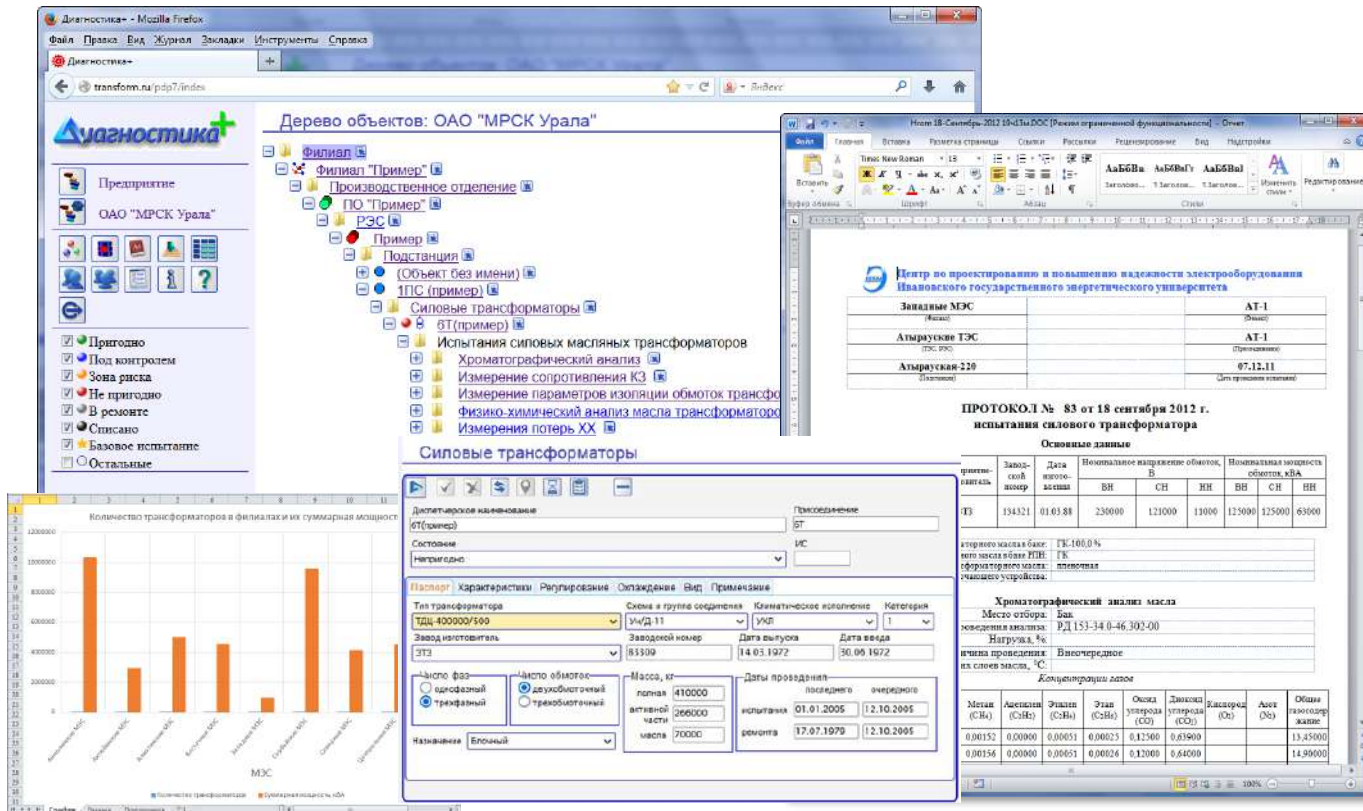
## ВНЕДРЕНИЯ

В настоящее время разработаны, включая технологию серийного производства, производятся и используются на практике технические средства мобильной вибродиагностики и виброналадки промышленных роторных машин (сотни предприятий России и стран ближнего зарубежья: Молдова, Казахстан, Беларусь).

Крупными заказчиками являются предприятия энергетики: ПАО «ТГК-2», ПАО «Т Плюс», металлургии: ОАО «Северсталь», АО «ЧЦЗ» и ряд вертикально интегрированных нефтяных компаний



# ПРОГРАММНЫЙ КОМПЛЕКС «ДИАГНОСТИКА+»



## Назначение

Автоматизация процесса диагностики и оценки технического состояния электрооборудования (6 – 1150 кВ) электрических станций и подстанций, а также, трансформаторного масла, кабельных и воздушных линий.

## Возможности

Диагностика+ позволяет на основе данных испытаний, измерений, обследований и осмотров проводить комплексный анализ состояния оборудования.

В своём составе имеет:

- диагностическую экспертную систему с базой диагностических правил, что позволяет получать результаты даже в случае неполных входных данных;
- систему контроля введённых данных;
- систему формирования отчётов в виде файлов: HTML, PDF, Microsoft Office и LibreOffice;
- развитую систему формирования выборок из БД для произвольных запросов;

## ВНЕДРЕНИЯ

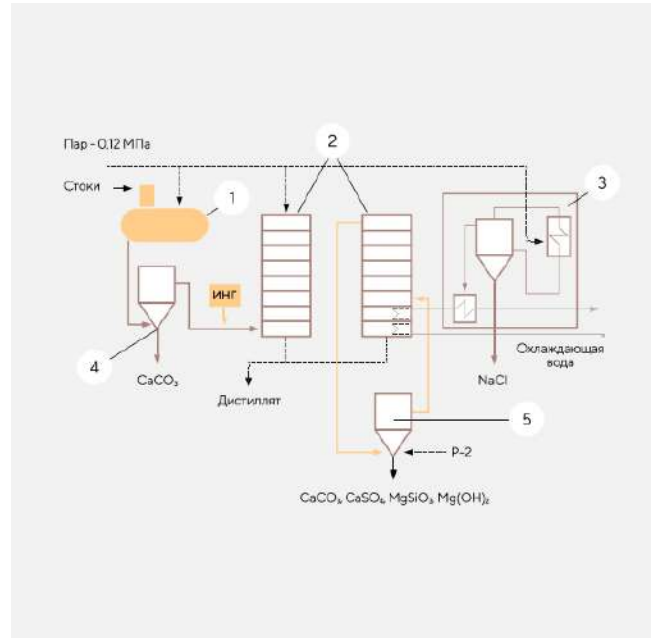
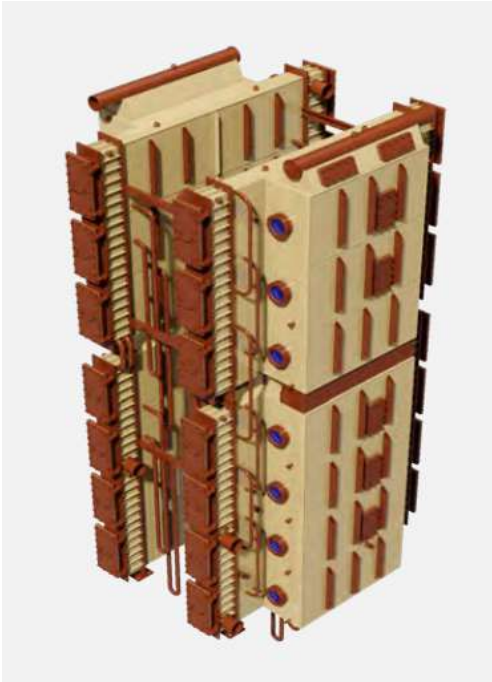
Более 25 лет коллектив ЦППНЭ ИГЭУ занимается разработкой программных систем в области оценки технического состояния электрооборудования станций и подстанций.

Результатом этих работ является программный комплекс «Диагностика+», успешно эксплуатируемый более чем на 50 энергетических предприятиях России и стран СНГ. Последние крупные внедрения: МРСК Урала, АО «KEGOC» (Казахстан).

Пользователи работают с программным комплексом через веб-интерфейс.

Имеется опыт интеграции с другими информационными системами предприятий. Разработаны интеграционные сервисы, которые взаимодействуют с корпоративной сервисной шиной (ESB) или другими веб-сервисами. Сообщения передаются по протоколу SOAP, и соответствуют CIM-формату.

# ИСПАРИТЕЛИ МГНОВЕННОГО ВСКИПАНИЯ (ИМВ)



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Моделирование, расчет и совершенствование процессов теплообмена в испарительных установках мгновенного вскипания.
2. Разработка моделей и подходов к совершенствованию технологий очистки воды в испарительных установках мгновенного вскипания.
3. Совершенствование проектирования и режимов эксплуатации таких установок.

## ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ НАЗНАЧЕНИЕ:

- Опреснение воды
- Утилизация стоков
- Обессоливание воды
- Охлаждение технологических жидкостей

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

- Добыча и переработка углеводородов
- Целлюлозно-бумажные производства
- Подготовка воды
- Химические производства
- Паровые и газовые циклы ТЭС и АЭС
- Переработка стоков
- И др.

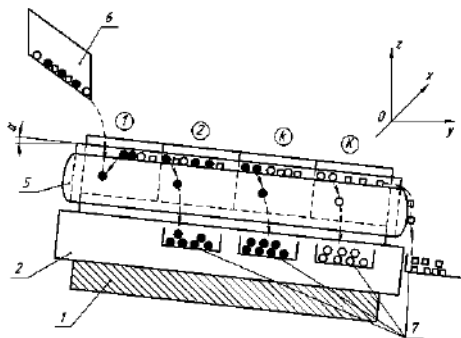
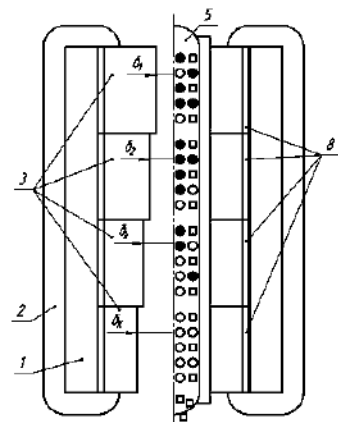
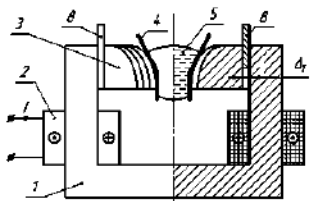
## ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ/ЗАДЕЛ

ПРЕИМУЩЕСТВА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИМВ В СРАВНЕНИИ С УСТАНОВКОЙ ОБРАТНОГО ОСМОСА (УОО):

- ВЫСОКОЕ КАЧЕСТВО ОБЕССОЛЕННОЙ ВОДЫ (ДИСТИЛЛЯТА);
- РАБОТА НА ИСХОДНОЙ ВОДЕ ЛЮБОГО КАЧЕСТВА;
- ЭКОЛОГИЧНОСТЬ;
- ВОЗМОЖНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ НИЗКОПOTЕНЦИАЛЬНЫХ ТЕПЛОНОСИТЕЛЕЙ (ПАР ОТ 0,02 МПА);
- ПРОСТОТА В ЭКСПЛУАТАЦИИ, ОБСЛУЖИВАНИИ И РЕМОНТЕ.

СОТРУДНИЧЕСТВО С КОМПАНИЕЙ «REINNOCS» В ВОПРОСАХ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СУЩЕСТВУЮЩИХ РЕШЕНИЙ, А ТАКЖЕ СОЗДАНИЯ НОВЫХ ПРОЕКТОВ.

# МАГНИТОЖИДКОСТНАЯ СЕПАРАЦИЯ МАТЕРИАЛОВ ПО ПЛОТНОСТИ



## КРАТКОЕ ОПИСАНИЕ ТЕХНИЧЕСКОЙ СУТИ ПРОЕКТА:

1. Электромагнитные магнитожидкостные сепараторы позволяют эффективно разделять смесь немагнитных частиц на фракции.
2. Фактор разделения частиц в электромагнитных магнитожидкостных сепараторах зависит только от плотности частиц. Путем регулирования тока в обмотке возбуждения электромагнита можно изменять условия сепарации и исключать влияние различных факторов на ее точность.
3. Магнетитовые нанодисперсные магнитные жидкости, с намагниченностью насыщения  $M_s=10\div 40$  кА/м и используемые в магнитожидкостных сепараторах, позволяют разделять немагнитные материалы в широком диапазоне плотностей - от 1,5 до 20 г/см<sup>3</sup>.
4. Различие электропроводящих свойств разделяемых частиц не влияет на точность сепарации.
5. Для электромагнитной магнитожидкостной сепарации отсутствуют требования к однородности смеси по крупности частиц

## ВНЕДРЕНИЯ / ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

Эффективная переработка отходов снижает загрязнение окружающей среды, возвращает в производство цветные и драгоценные металлы, сохраняет природные ресурсы. Доля благородных металлов, извлекаемая из вторичного сырья, достигает 20-50 %.

ИГЭУ производит магнитные жидкости (МЖ), исследует процесс магнитожидкостной сепарации:

- грант РФФИ №09-08-97575-р\_центр\_а «Разработка научных основ технологии сепарации немагнитных материалов с использованием нанодисперсных магнитных жидкостей»;

- проект №2.1.2/11623 «Разработка методологии сепарации немагнитных металлов с применением магнитных жидкостей» программы Минобрнауки РФ «Развитие научного потенциала высшей школы».

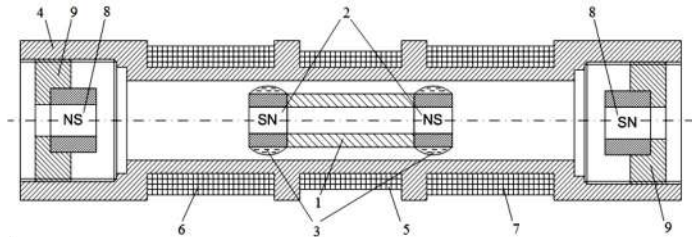
## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

1. Фракционный анализ материалов при исследовании их обогатимости (примером могут служить различного типа экспресс-анализаторы);
2. Разделение автомобильного лома, кабельного лома и т.д. на продукты, обеспечивающие выплавку кондиционных металлов и сплавов;
3. В горноперерабатывающей промышленности, в частности, для выделения свободного золота из шлиховых минералов россыпей и доводка алмазосодержащих руд;
4. Отбраковка изделий производства по плотности, когда величина последней является основным параметром, определяющим качество изделия.

# МАГНИТОЖИДКОСТНЫЕ ДАТЧИКИ ДИАГНОСТИКИ ДИНАМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ТЕХНИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

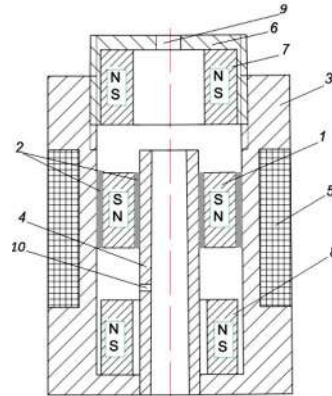
## Магнитожидкостный датчик угла наклона

Датчик угла наклона осуществляет преобразование вида энергии сигнала (механической величины угла наклона, ускорения), идущего от объекта, в другой вид, удобный для передачи информации в пространстве и хранения её в течение определенного времени



1 – магнитопровод, 2 – кольцевые постоянные магниты, 3 – магнитная жидкость, 4 – немагнитопроводный корпус, 5 – генераторная обмотка, 6,7 – измерительные обмотки, 8 – постоянные магниты, 9 – крышки, с возможностью осевого перемещения

## Магнитожидкостный датчик виброконтроля оборудования



1— чувствительный элемент, 2 – магнитная жидкость, 3- немагнитопроводный корпус, полый немагнитопроводный стержень, 5 – измерительная обмотка, 6 – торцевая крышка, 7 и 8 – кольцевые постоянные магниты, 9 и 10 – сквозные отверстия.

## НАЗНАЧЕНИЕ:

Диагностика динамического состояния технических объектов. Основные преимущества магнитожидкостных датчиков: высокое быстродействие и надёжность, сохранение работоспособности, после воздействия значительных нагрузок и вибраций, значительный ресурс работы.

Технические характеристики магнитожидкостных датчиков угла наклона:

Диапазон измеряемых углов	$\pm 20^{\circ}$
Точность, мин. угл. минут	$\pm 5$
Диапазон рабочих температур, $^{\circ}\text{C}$	$\pm 50$
Сохраняет работоспособность после воздействия механических ударов с перегрузкой, $\text{м/с}^2$	1500
Время успокоения после воздействия ударных нагрузок, с	не более 0,2
Масса, кг	не более 0,2
Гарантийный срок хранения и эксплуатации, лет	до 10
Эксплуатационные характеристики датчиков вибраций:	
Частотный диапазон, Гц:	4 – 5000;
Чувствительность, мВ/г:	свыше 500;
Диапазон ускорений, g:	0,2-300;
Диапазон температур, $^{\circ}\text{C}$ :	$\pm 60$

## ЗАДЕЛ ПО ТЕМАТИКЕ ПРОЕКТА

На устройства магнитожидкостных датчиков получено 20 патентов на полезные модели. Опубликовано 7 статей в журналах рекомендованных ВАК и 1 статья в журнале W&S и Scopus. Результаты разработок докладывались и обсуждались на XV, XVI, XVII, XVIII, XIX и XX Международных Плесских конференциях по нанодисперсным магнитным жидкостям, на 14 Интернациональной конференции по магнитным жидкостям в Екатеринбурге в 2016 году, XVIII, XIX, XX, XXI конференциях «Состояние и перспективы развития электро и теплотехнологий» (Бенардосовские чтения), 2015 – 2021 годы, на VIII, IX, X, XI, XII Всероссийских научно-практических конференциях «Надёжность и долговечность машин и механизмов», на Международном авиационно-космическом салоне «МАКС-2015» и ряде других конференций.

## ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЙ:

Контроль над угловыми отклонениями промышленных и гражданских объектов строительства, железнодорожного полотна, антенных опор, линий электропередач, стартовых столов ракет, систем автопилотирования.

Контроль параметров вибраций проводится при диагностике состояния гидро- и турбогенераторов электрических станций, лопаток газовых турбин, опор ЛЭП в районах с повышенной сейсмической активностью, авиационных двигателей, в режимах реверса и повышенных динамических нагрузок.