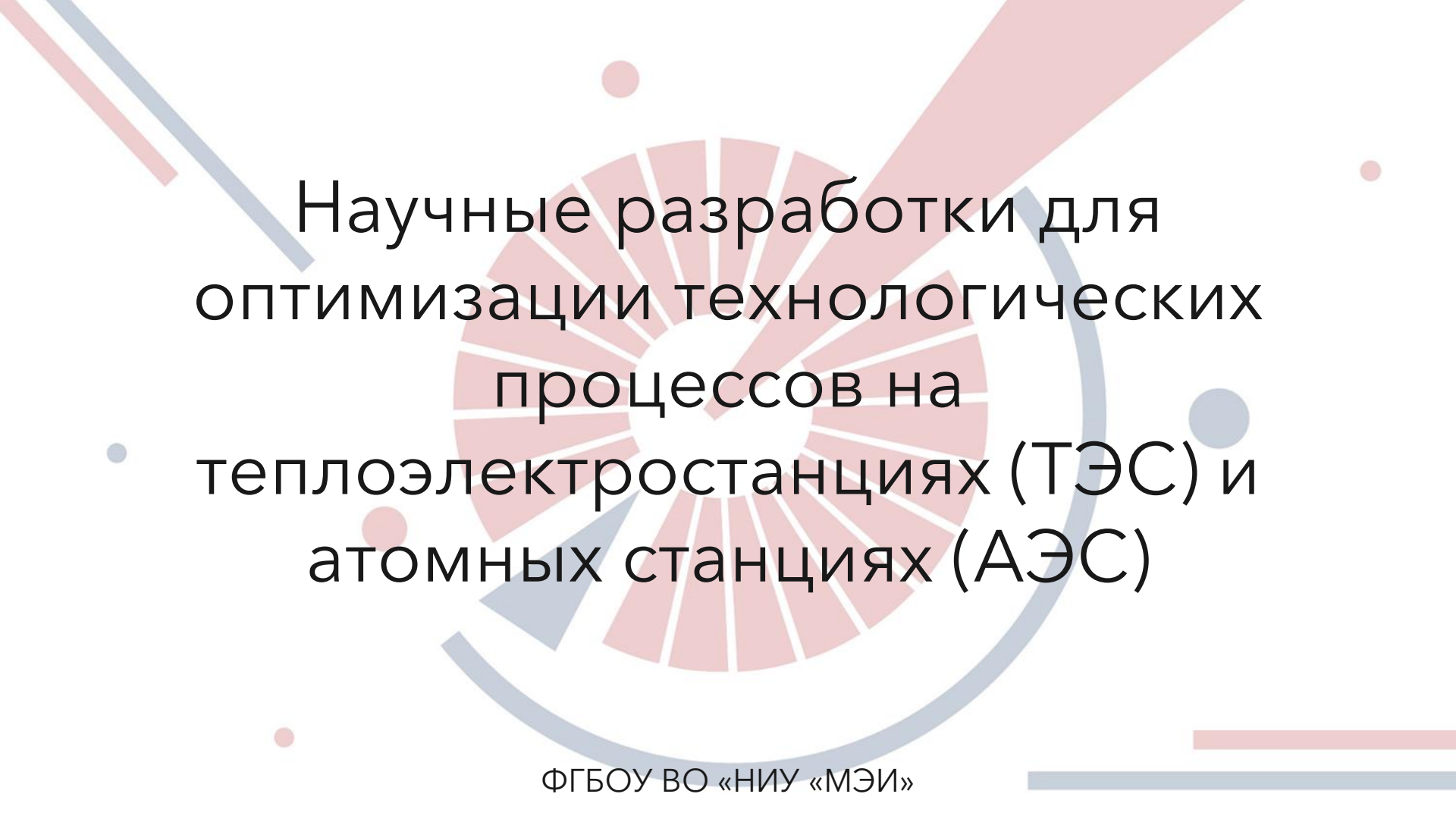




Научные разработки для оптимизации технологических процессов на теплоэлектростанциях (ТЭС) и атомных станциях (АЭС)

Содержание

Для перехода на выбранную разработку нажмите по заголовку на слайде «Содержание»



Программно-аппаратные комплексы

1. Программный комплекс STEG «Расчет трехмерных теплогидравлических процессов в горизонтальном парогенераторе АЭС с ВВЭР»
2. Комплексный тренажер оперативного персонала ТЭС на базе цифрового двойника
3. Предиктивная диагностика газовой турбины в составе газовых турбинных установок малой мощности

Технология

1. Технология работы АЭС с реакторами типа ВВЭР на пониженных нагрузках с переводом второго контура на скользящее регулирование давления пара
2. Технология расчета влажнопарового потока в проточных частях турбомашин на основе алгоритмов машинного обучения
3. Технология поиска внутритрубной коррозии трубопроводов и измерения остаточной толщины металла без удаления изоляции
4. Методика обратного проектирования для узлов деталей энергетического оборудования
5. Анализ процессов теплопереноса при кипении гелия-II
6. Методика контроля и управления процессом объемной конденсации в проточных частях машин и аппаратов холодильной и криогенной техники

Содержание

Для перехода на выбранную разработку нажмите по заголовку на слайде «Содержание»



Программное обеспечение

1. Программа детального проектирования проточных частей паровых турбин
2. Программный комплекс «Расчет характеристик теплообмена при пленочном кипении недогретых жидкостей»

Устройства

1. Устройство для борьбы с эрозионным износом лопаточного аппарата паровых турбин на основе комбинации методов обогрева и выдува
2. Накопитель тепловой энергии на основе фазоизменяемых материалов
3. Системы для генерации и ускорения стационарных плазменных потоков
4. Фазовый сепаратор для сверхтекучего гелия

Содержание

Для перехода на выбранную разработку нажмите по заголовку на слайде «Содержание»



Устройства

1. Высокоэффективные глушители шума выброса пара модульной конструкции для котлов ТЭС
2. Адаптивная система управления ВХР на ТЭС и АЭС
3. Высокоскоростные турбогенераторы для микротурбинных энергоустановок и мини ТЭЦ
4. Быстрый реактор с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем с плавающими ТВЭЛ и газлифтным насосом в качестве ГЦН
5. МГД-стенд по исследованию гидродинамики и теплоотдачи жидкого металла в продольном магнитном поле применительно к созданию термоядерного реактора
6. Экспериментальный тоннельный стенд для испытаний горелочных устройств углекислотной камеры сгорания

Национальные проекты технологического лидерства (НПТЛ)



«Новые атомные и энергетические технологии» – энергетика. Направлен на расширение присутствия России на международном рынке атомных и смежных разработок, поставки отечественного оборудования предприятиям ТЭК.



«Беспилотные авиационные системы» – роботы и беспилотники. Включает разработку и серийное производство БАС и комплектующих, развитие необходимой инфраструктуры.



«Промышленное обеспечение транспортной мобильности» – транспорт. Нацелен на поддержку производства самолётов и вертолётот, судов и судового оборудования, инновационного транспорта, а также кадровое обеспечение развития транспорта.



«Средства производства и автоматизации» – промышленность. Включает в себя федеральные проекты по развитию станкоинструментальной промышленности, промышленной робототехники и автоматизации производства, литейного и термического оборудования.



«Новые материалы и химия» – материалы. Запланировано создание новых производств и центров компетенций, увеличение добычи дефицитного сырья, развитие технологий.



«Развитие многоспутниковой орбитальной группировки» – космос. Предусмотрено увеличение числа космических аппаратов, достижение независимости в космических сервисах и услугах.



Комплексный тренажер оперативного персонала ТЭС на базе цифрового двойника

Комплексный тренажер оперативного персонала ТЭС на базе цифрового двойника

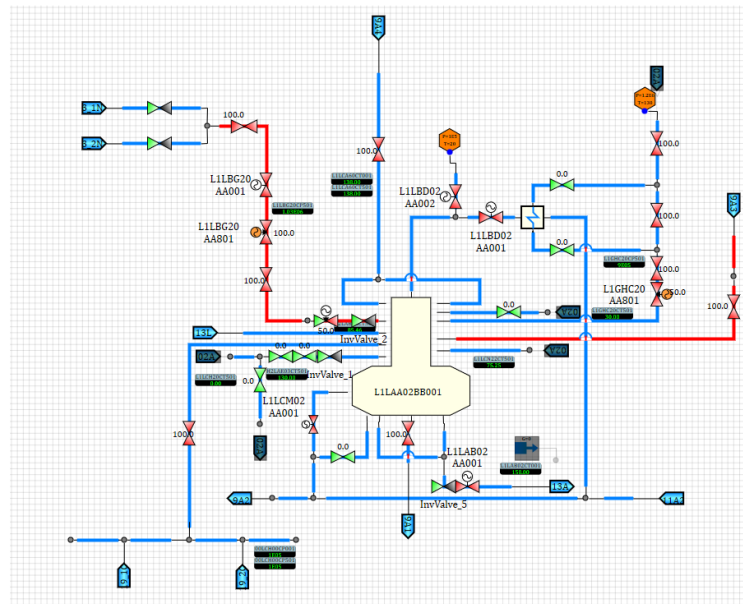


Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: повышение безопасности работы оперативного персонала ТЭЦ, что увеличивает надежность и безопасность эксплуатации.

Технические характеристики: модель создана в SimInTech, включает более 100 PI-диаграмм, 300 алгоритмов управления, 1000 технологических блокировок, 200 защит, 3500 сигналов от датчиков с сигнализацией.

Научная новизна (ценность): впервые создана открытая цифровая модель технологических процессов ТЭЦ, позволяющая моделировать рабочие режимы станции с учетом тепловых, гидравлических, аэродинамических, электрических расчетов и водно-химического режима.



Открытая математическая модель котельных установок ТЭЦ

Комплексный тренажер оперативного персонала ТЭС на базе цифрового двойника



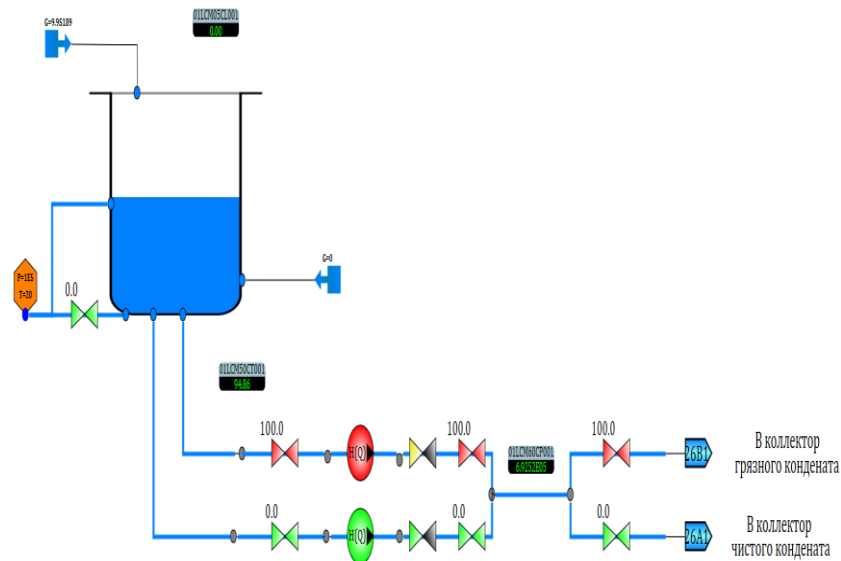
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL №5): проведены тестовые расчеты и сравнение их результатов с проектными данными, проведена верификация моделей систем котельных агрегатов на основе данных архивов АСУ ТП.

Эффекты от внедрения: анализ ТЭП, Сигнализация оператору об отклонении технологических показателей от ожидаемых (эталонных) значений, оценка потерь (топлива) / снижения КПД вследствие имеющихся отклонений, what-if анализ.

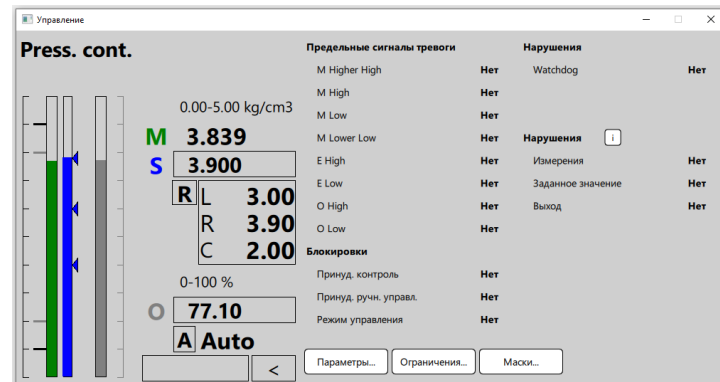
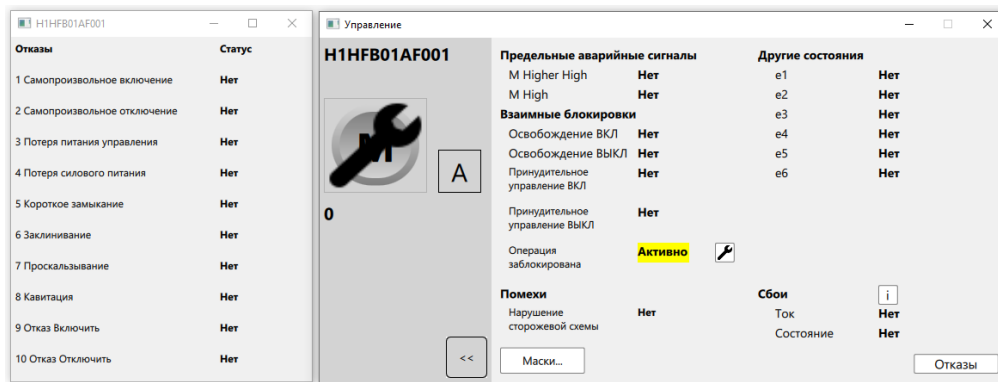
Основные заказчики:

ПАО «РусГидро», ПАО «Интер РАО», ПАО «Мосэнерго» и другие генерирующие компании.



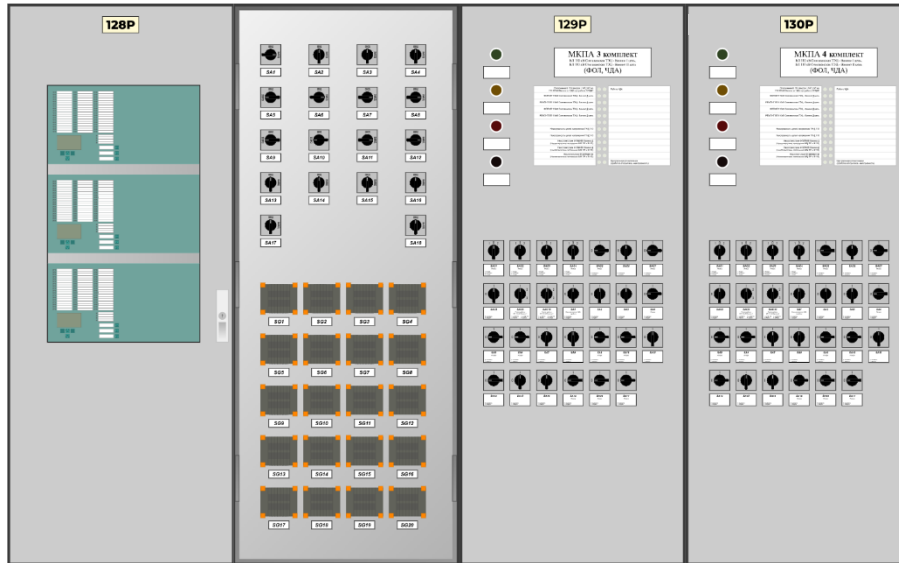
Фрагмент математической модели конденсатора ТЭС

Комплексный тренажер оперативного персонала ТЭС на базе цифрового двойника

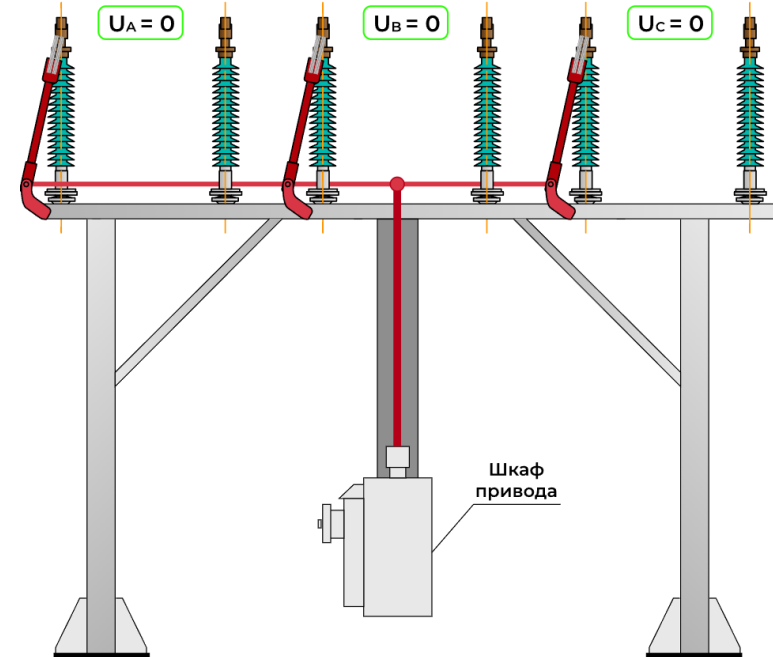


Меню управления механизмами

Комплексный тренажер оперативного персонала ТЭС на базе цифрового двойника

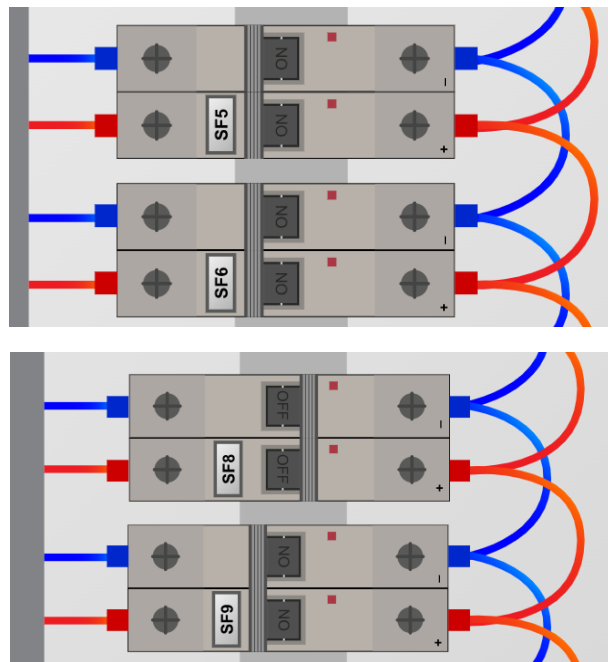
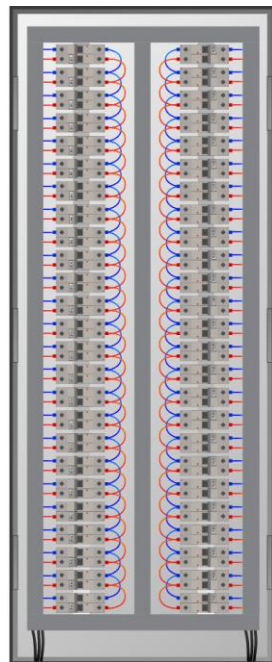


Пример визуализации шкафов управления
релейных щитов



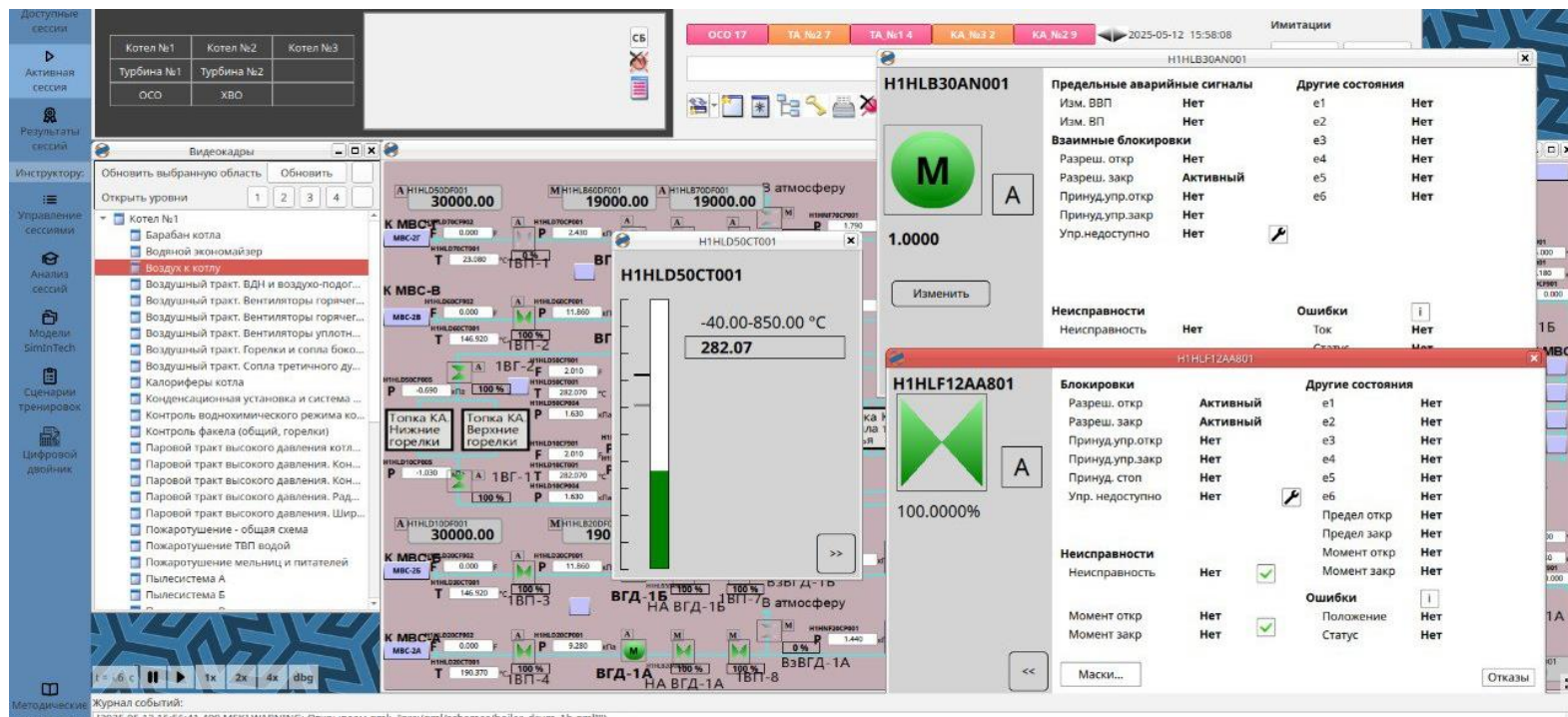
Пример визуализации разъединителя

Комплексный тренажер оперативного персонала ТЭС на базе цифрового двойника



Имитация действий с оборудованием (щит оперативного тока)

Комплексный тренажер оперативного персонала ТЭС на базе цифрового двойника



Интерфейс автоматизированного рабочего места котла ТЭЦ в процессе тренировки



Экспериментальный тоннельный стенд для испытаний горелочных устройств, обеспечивающий испытания опытного образца горелочного устройства углекислотной камеры сгорания

Экспериментальный тоннельный стенд для испытаний горелочных устройств углекислотной камеры сгорания

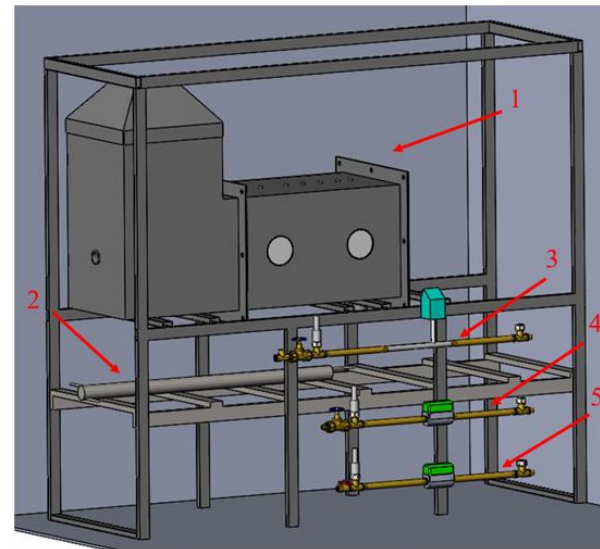


Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: разработанный стенд позволяет проводить испытания горелочных устройств мощность до 50 кВт с отслеживанием в реальном времени состава уходящий газов и температур факела в топке.

Технические характеристики: мощность горелочных устройств: до 30 кВт; Величина топочного пространства: 300*300*1200мм.; Количество срезов измерения температуры: 7; Максимальная температура в топке: до 1600 °С.

Научная новизна (уникальность): уникальность решения заключается в возможности испытания горелочных устройств для жигания природного газа в среде диоксида углерода, при этом в качестве окислителя выступает кислород.



3D-модель модернизированного стенда «Туннельная печь»: 1 - топочная камера стенда; 2 - смеситель газов; 3 - измерительный участок на подводе ПГ; 4 - измерительный участок на подводе углекислого газа; 5 - измерительный участок на подводе кислорода.

Экспериментальный тоннельный стенд для испытаний горелочных устройств углекислотной камеры сгорания



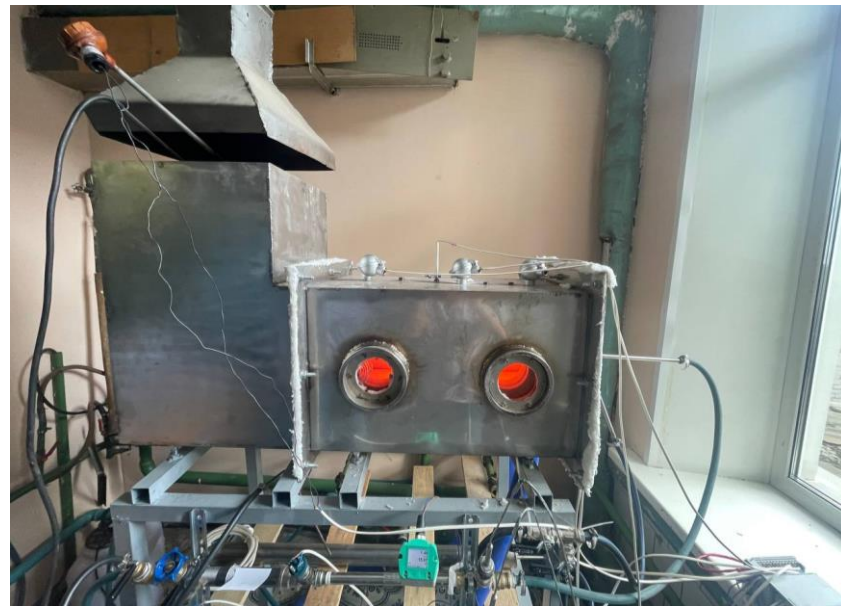
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL 7): разработка и опытные испытания реального действующего прототипа (ОКР). Печь разработана и изготовлена, проведены экспериментальные исследования.

Эффекты от внедрения: экспериментальное исследование различных образцов горелочных устройств с целью подтверждения их эксплуатационных характеристик и уточнение расчетно-аналитических моделей.

Основные заказчики:

ПАО «Газпром», ПАО «Лукойл», ПАО «Новатэк», ООО «Газпром энергохолдинг» и другие энергетические компании и предприятия с энергоемкими производствами



Испытания действующего прототипа экспериментального тоннельного стенда для испытаний горелочных устройств углекислотной камеры сгорания



Методика обратного проектирования для узлов деталей энергетического оборудования

Методика обратного проектирования для узлов деталей энергетического оборудования



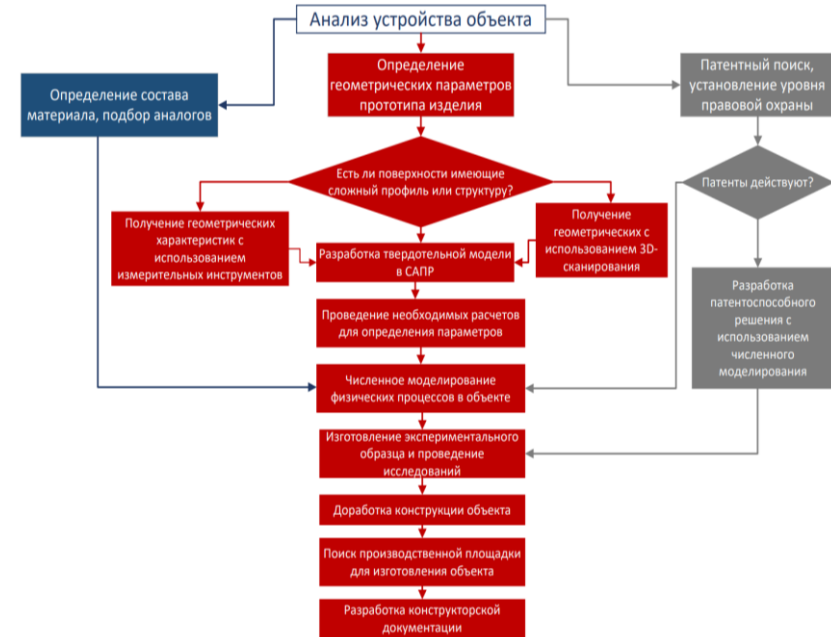
Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: разработанная методика позволяет проводить обратное проектирование узлов деталей различного энергетического оборудования.

Технические характеристики: методика применима для деталей выполненных из металлов, композитов и резин.

Габаритное ограничение – от 20x20x20 мм до 500x500x500 мм.

Научная новизна (ценность): уникальность решения заключается в наличии структурированного методических рекомендаций обратного проектирования для различного вида оборудования при получении его геометрических характеристик и материала с соблюдением прав интеллектуальной собственности.



Методика правомерного обратного проектирования
(реверс-инжиниринга)

Методика обратного проектирования для узлов деталей энергетического оборудования



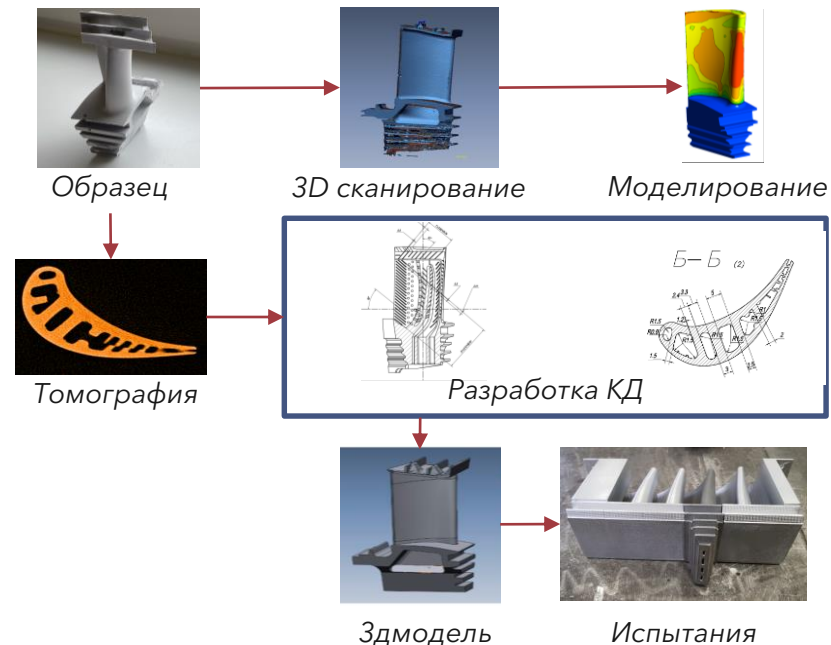
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL №6): методика протестирована на нескольких проектах, включая реверс-инжиниринг узлов установки микро-ГТУ Casptone и модуля электродеионизации ION PURE VNX 55 EP L. На улучшенных прототипах кластеров запланированы испытания.

Эффекты от внедрения: возможность разработки и модификации аналогов энергетического оборудования. Получение конструкторской документации на ремонтные комплекты ответственных узлов энергетического оборудования.

Основные заказчики:

АО «Мособлгаз», АО «НПК МЕДИАНА-ФИЛЬТР», ООО «Сивертех», ООО «Газпромнефть-Энергосервис», ПАО Роснефть, ПАО «Лукойл».

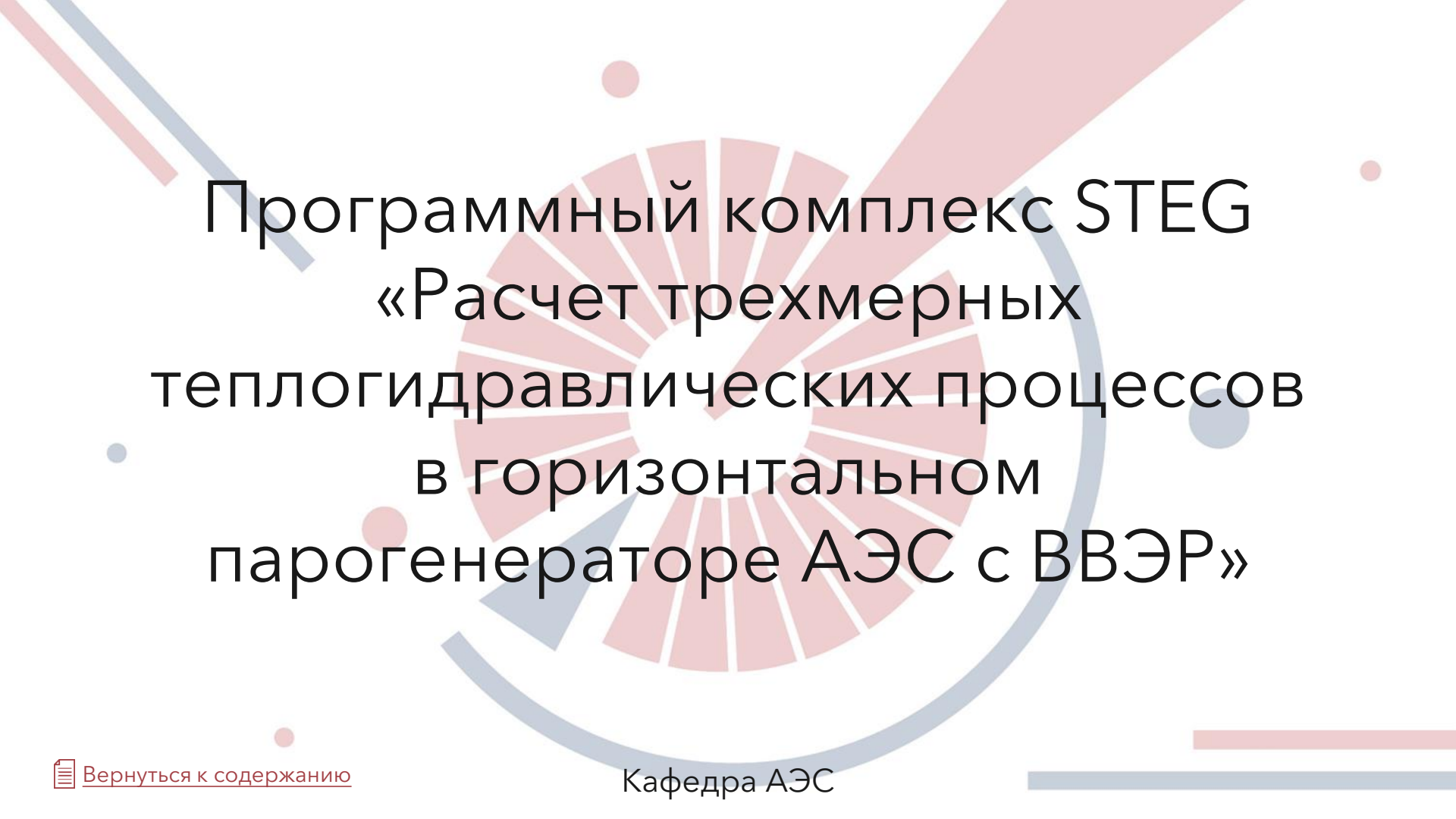


Применение методики обратного проектирования для лопатки ГТД Siemens SGT 600



**Кафедра инновационных технологий
наукоемких отраслей**

Заведующий кафедрой
Рогалев Андрей Николаевич



Программный комплекс STEG «Расчет трехмерных теплогидравлических процессов в горизонтальном парогенераторе АЭС с ВВЭР»

Программный комплекс STEG «Расчет трехмерных теплогидравлических процессов в горизонтальном парогенераторе АЭС с ВВЭР»

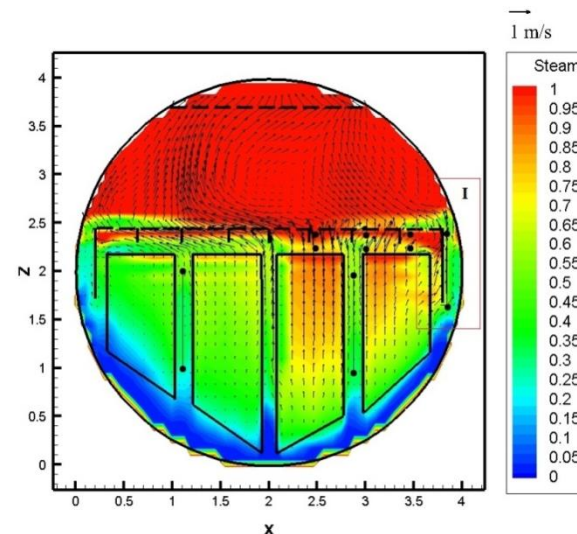


Сведения о *планируемом* проекте

Назначение: программный комплекс STEG предназначен для расчета трехмерных теплогидравлических процессов в горизонтальном парогенераторе АЭС с ВВЭР.

Функции:

1. Расчет распределения объемного паросодержания и скоростей воды и пара в объеме горизонтального ПГ
2. Расчет влажности выходящего пара
3. Расчет распределения растворимых примесей в объеме горизонтального ПГ



Функция 1. Объемное паросодержание и поле скорости пара в поперечном сечении ПГ между горячим и холодным коллекторами (расчет 1-й версией кода STEG)

Программный комплекс STEG «Расчет трехмерных теплогидравлических процессов в горизонтальном парогенераторе АЭС с ВВЭР»



Потенциальное применение

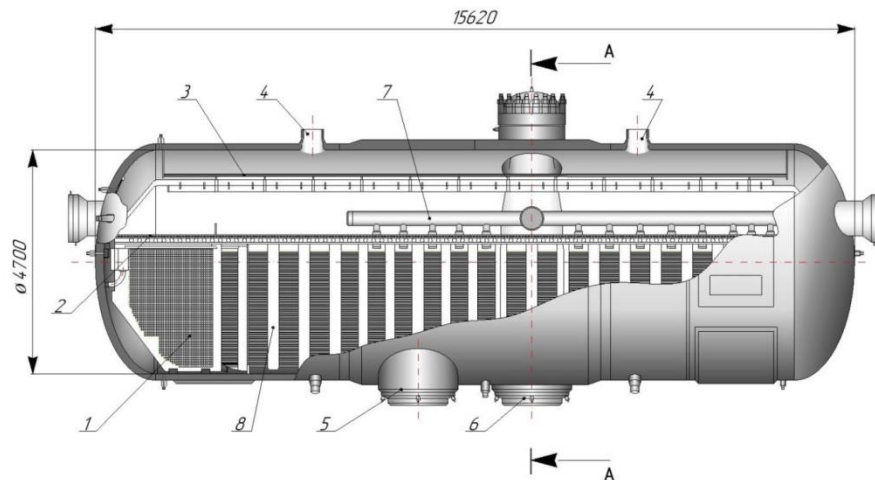
Уровень готовности программного продукта (TRL №4): создана 1-я версия кода, в которой реализована функция 1.

Эффекты от внедрения: оптимизация внутрикорпусных устройств с целью снижения влажности выходящего пара и концентрации примесей в объеме ПГ.

Отечественные или зарубежные аналоги: коммерческие CFD коды потенциально позволяют моделировать горизонтальный ПГ.

Основные заказчики:

ОАО «Концерн Росэнергоатом», АО ОКБ «ГИДРОПРЕСС»



Горизонтальный ПГ для ВВЭР-1500 (вид сбоку)



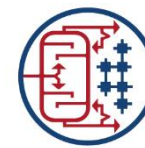
Кафедра Атомных электрических станций

Заведующий кафедрой
Хвостова Марина Сергеевна

The background features a large, light blue spiral that starts from the center and expands outwards. Overlaid on this spiral are several red and blue geometric shapes, including straight lines and circles of varying sizes. The text is centered over the spiral.

Методика контроля и управления процессом объемной конденсации в проточных частях машин и аппаратов холодильной и криогенной техники

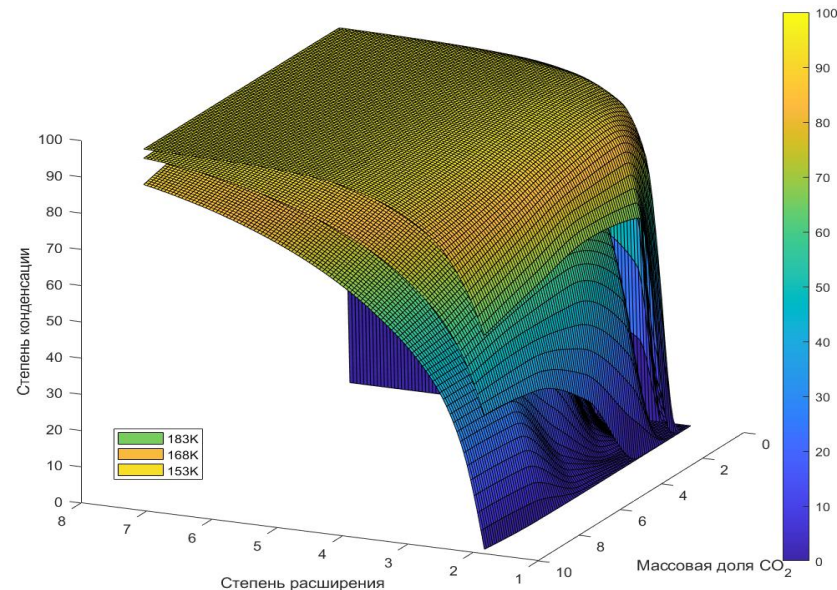
Методика контроля и управления процессом объемной конденсации в проточных частях машин и аппаратов холодильной и криогенной техники



Сведения о *реализованном* проекте

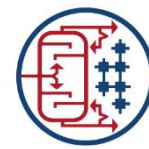
Назначение: проект направлен на решение важной термогазодинамической и технической проблемы – возникновения фазовых переходов в проточной части расширительных машин и аппаратов холодильной и криогенной техники, работающих в парожидкостной области.

Научная новизна: разработана методика контроля и управления процессом объемной конденсации в проточных частях машин и аппаратов холодильной и криогенной техники, выявлены закономерности, произведена оценка влияния процесса на элементы турбомашин и их эффективность, а также разработаны инструменты для оптимизации режимных параметров холодильных и криогенных турбомашин, работающих в условиях фазового перехода.



Многомерная зависимость степени конденсации CO_2 в проточной части радиального турбодетандера

Методика контроля и управления процессом объемной конденсации в проточных частях машин и аппаратов холодильной и криогенной техники



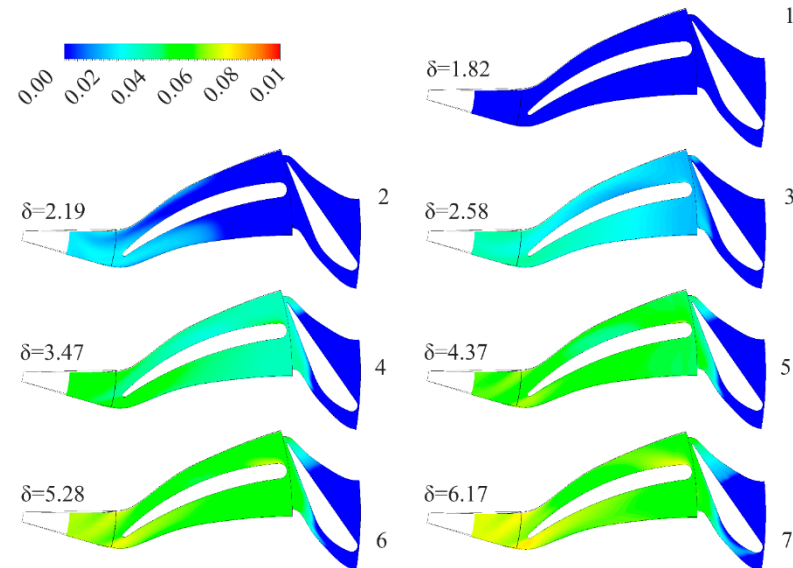
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL № 2): проведено численное моделирование, подтвержденное сравнением с результатами экспериментальных работ сторонних авторов.

Эффекты от внедрения: применение разработанных инструментов и методологического аппарата позволяет проектировать новые системы газоочистки с последующим извлечением примесей в товарном виде. Новая система газоочистки является доступной альтернативой энергозатратным классическим технологиям.

Основные заказчики:

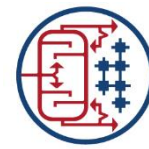
АО «Криогенмаш», АО «ТВЭЛ», АО «Турбохолод», Российский научный фонд и другие крупные российские научно-производственные организации.



Распределения массовой доли сконденсировавшегося диоксида углерода при различных степенях расширения потока



Анализ процессов теплопереноса при кипении гелия-II

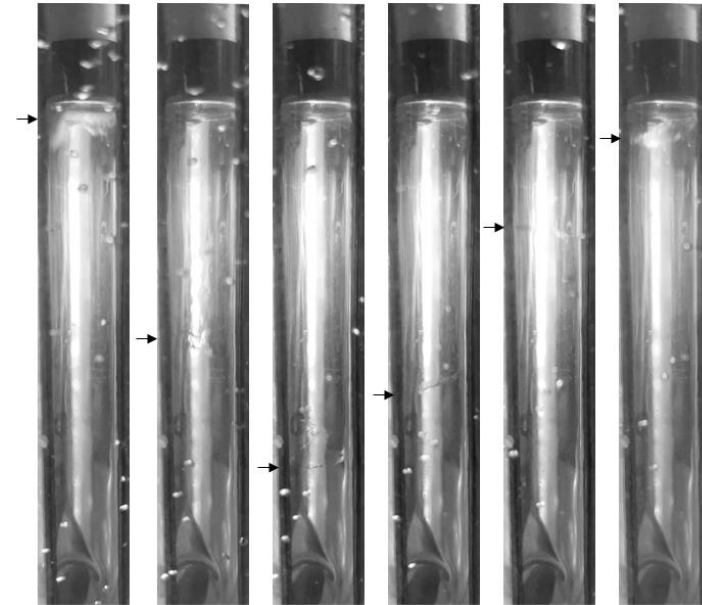


Сведения о *реализованном* проекте

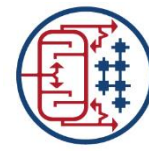
Назначение: разработка методов предотвращения аварийных ситуаций; проектирование оборудования для экспериментальных исследований кипения сверхтекучего гелия в невесомости; оптимизация режимов работы и конструкции теплообменных аппаратов специального назначения.

Технические характеристики: U-образный канал внутренним диаметром 16 мм, нагреватель выполнен в виде спирали из нихромовой проволоки диаметром 50 мкм под медным диском диаметром 12,5 мм.

Научная новизна (уникальность): предложена новая геометрия рабочего участка – U-образный канал как свободный, так и с монодисперсной пористой засыпкой.



Рост и схлопывание паровой пробки в канале (интервал между кадрами $\sim 0,067$ с) $q_w = 11$ кВт/м²; $P_b = 1286$ Па.



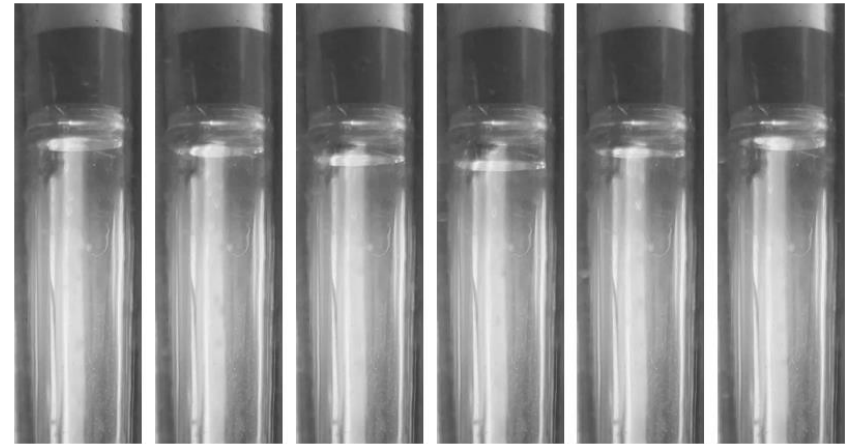
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL № 2): проведены экспериментальные исследования движения межфазной поверхности гелия II в U-образном канале с монодисперсной пористой засыпкой и в свободном канале.

Эффекты от внедрения: рекомендуется применение засыпок как пористых вставок в макроканалы. По результатам эксперимента эффективным оказывается использование диаметров засыпок 70-150 мкм, что позволяет повысить уровень восстановительного теплового потока (а следовательно и пиковой нагрузки) в 1,2 - 1,5 раза.

Основные заказчики:

Российский научный фонд, Объединённый институт Ядерных Исследований, НИЦ «Курчатовский институт»



Рост и уменьшение паровой пробки в канале с монодисперсной засыпкой диаметром 240 мкм (интервал между снимками ~0,1 с): $P_b = 4400$ Па; $q_w = 37,2$ кВт/м².



Фазовый сепаратор для сверхтекучего гелия

Фазовый сепаратор для сверхтекучего гелия

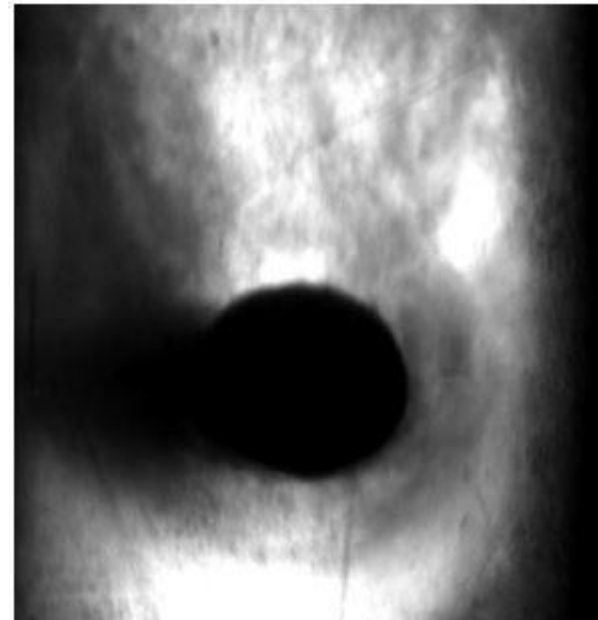


Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: разработка методов предотвращения аварийных ситуаций при использовании в качестве криоагентов обычного и сверхтекучего гелия (He-II); оптимизация режимов работы и конструкции погружных и проточных систем криостатирования специального назначения.

Технические характеристики: ячейка с нагревателем внутри цилиндрической пористой структуры с внутренним диаметром 13,8 мм, греющий элемент выполнен в виде спирали из нихромовой проволоки диаметром 50 мкм под поверхностью нагревателя (медной трубки) наружным диаметром 3 или 4 мм.

Научная новизна: исследование кипения He-II в стесненных условиях при наблюдении с торца цилиндрического нагревателя.



Кипение He-II на цилиндрическом нагревателе внутри пористой структуры проницаемостью $7,5 \cdot 10^{-12} \text{ м}^2$ из тканей металлической сетки при тепловом потоке около $8,7 \cdot 10^3 \text{ Вт/м}^2$.

Фазовый сепаратор для сверхтекучего гелия

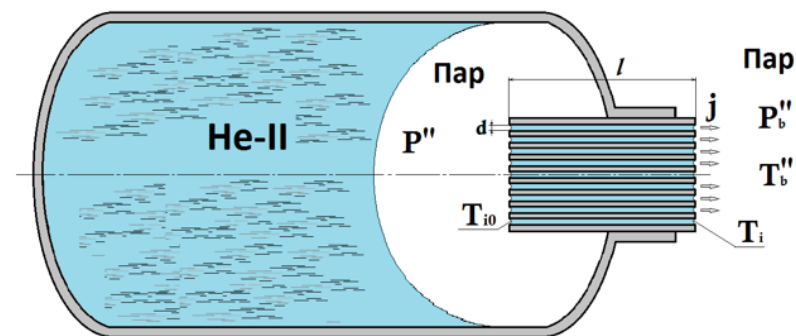


Потенциальное применение

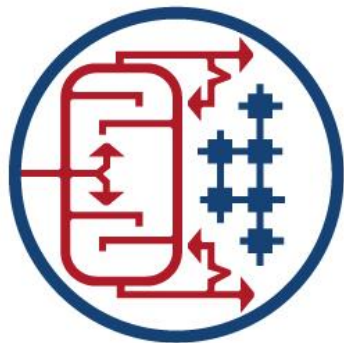
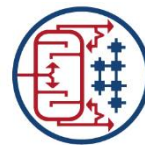
Уровень готовности (TRL № 2): проведены исследования процессов теплопереноса при кипении сверхтекучего гелия. Определены предельно допустимые значения тепловых потоков, выполнен анализ стационарных процессов теплопереноса, динамики межфазной поверхности пар – жидкость.

Эффекты от внедрения: совершенствование расчетов фазовых сепараторов и криостатирующих систем для работы с нормальным жидким гелием и гелием-II, в том числе оптимизация параметров безопасной эксплуатации.

Основные заказчики: Российский научный фонд, Объединённый институт Ядерных Исследований, НИЦ Курчатовский институт, Криотрейд.



Принцип работы фазового сепаратора для сверхтекучего гелия



Кафедра низких температур

Заведующий кафедрой
Пузина Юлия Юрьевна



Предиктивная диагностика газовой турбины в составе газовых турбинных установок малой мощности

Предиктивная диагностика газовой турбины в составе газовых турбинных установок малой мощности

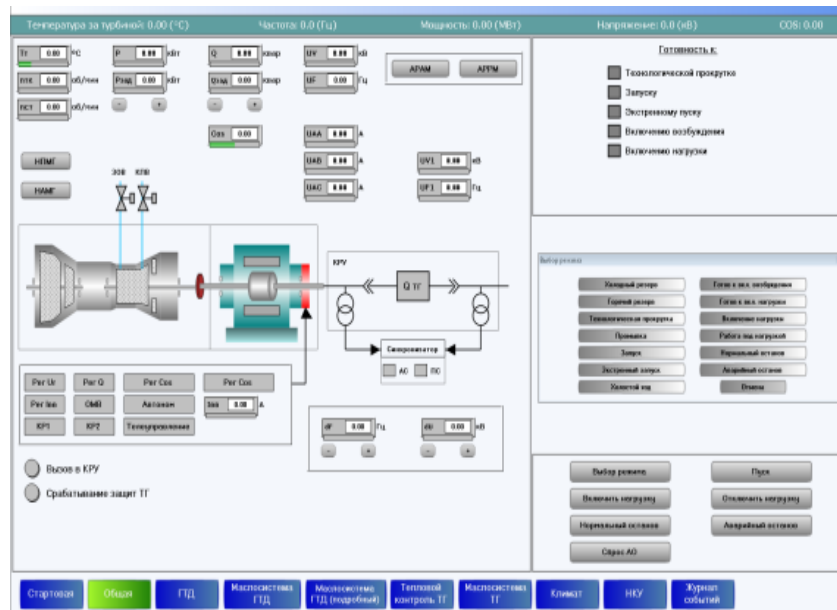


Сведения о *планируемом* проекте

Назначение: параметрическая предиктивная диагностика установок с помощью интеллектуальных средств сбора, обработки и передачи многопараметрических данных в режиме реального времени с целью оптимизации эксплуатации и ремонта.

Технические характеристики: функционирование с обеспечением автономности по времени работы не менее 30000 часов, в условиях высоких (более 1500 °С) или низких (до -55 °С) температур при давлении до 50 атм.

Научная ценность: снижение ремонтных издержек предприятий на 25-40 %; кратное снижение потерь от аварий и проста оборудования.



Параметрическая диагностика ПТУ

Предиктивная диагностика газовой турбины в составе газовых турбинных установок малой мощности



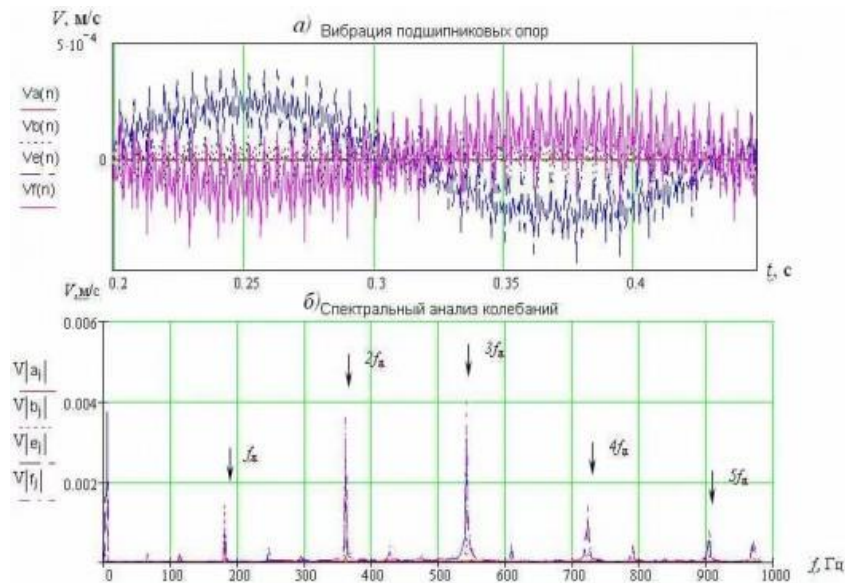
Сведения о **планируемом** проекте

Назначение: вибродиагностика установок с помощью интеллектуальных средств сбора, обработки и передачи многопараметрических данных в режиме реального времени с целью оптимизации эксплуатации и ремонта.

Технические характеристики:

- предсказание возникновения дефектов оборудования с доверительной вероятностью не менее чем 0.92 за 2-3 месяца до отказа;
- обработка данных в режиме реального времени на предприятиях с парком оборудования более 100 единиц.

Научная ценность: экономия 3-5 % потребляемых топливных ресурсов, повышение КПД оборудования.



Вибродиагностика ГТУ

Предиктивная диагностика газовой турбины в составе газовых турбинных установок малой мощности



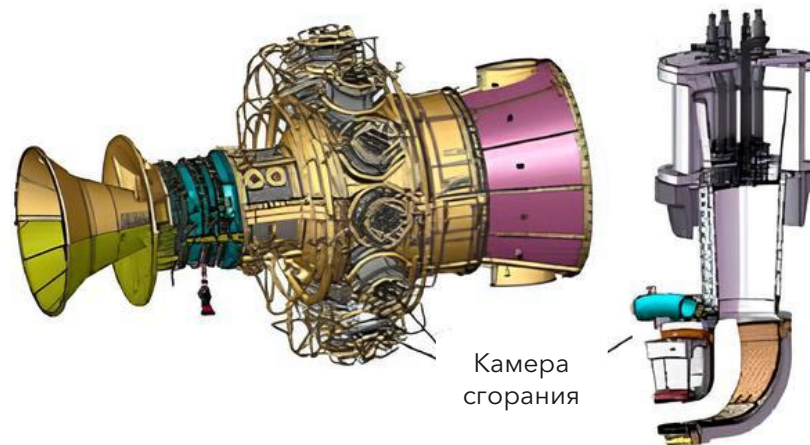
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL №7): система прошла лабораторные испытания и подтвердила автономность работы до 30000 часов в экстремальных температурных режимах.

Эффекты от внедрения: снижение ремонтных издержек на 25-40%, экономию 3-5% топливных ресурсов, повышение КПД оборудования и кратное снижение потерь от внеплановых простоев. Суммарный экономический эффект для среднего предприятия с парком в 100 единиц газотурбинных установок оценивается в 120-150 млн рублей ежегодно при сроке окупаемости внедрения менее 1 года.

Основные заказчики:

ПАО «РусГидро», АО «Газпром энергохолдинг»,
ПАО «НОВАТЭК»



Предиктивная диагностика ГТУ



Кафедра Вычислительных технологий

Заведующий кафедрой
Топорков Виктор Васильевич



Технология работы АЭС с реакторами типа ВВЭР на пониженных нагрузках с переводом второго контура на скользящее регулирование давления пара

Технология работы АЭС с реакторами типа ВВЭР на пониженных нагрузках с переводом второго контура на скользящее регулирование давления пара

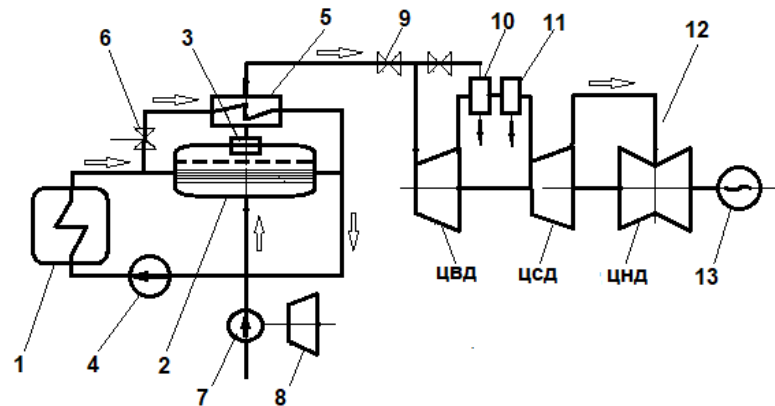


Сведения о *планируемом* проекте

Назначение: повышение экономичности и надежности работы АЭС на пониженных нагрузках путем перевода их на скользящее регулирование с перегревом пара на дополнительном паро-водяном подогревателе на выходе из парогенератора за счет освободившегося тепла циркуляционной воды при разгрузке реактора.

Технические характеристики: повышение КПД производства электроэнергии, снижение влажности пара в проточной части турбины, повышение надежности работы оборудования в режиме регулирования мощности.

Научная новизна: технология предлагается впервые в мировой практике, подтверждена патентом РФ, раскрывает новые возможности работы АЭС на пониженных нагрузках.



Упрощенная схема АЭС

1 - реактор, 2 - парогенератор, 6, 9 - регуляторы, 3, 11 - сепараторы, 4, 7 - циркуляционный и питательный насосы, 5 - дополнительный подогреватель пара, 8 - турбопривод

Технология работы АЭС с реакторами типа ВВЭР на пониженных нагрузках с переводом второго контура на скользящее регулирование давления пара



Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL №3): проведена демонстрация технологии, подтверждающая ее работоспособность, на отдельных экспериментальных установках или моделях.

Эффекты от внедрения: повышение КПД производства электроэнергии, снижение влажности пара в проточной части паровой турбины, повышение надежности работы парогенератора, трубопроводов высокого давления, снижение расхода пара на промежуточный перегрев, повышение надежности выхлопных частей паровой турбины.

Основные заказчики:

АО «Концерн Росэнергоатом», АО «ОКБ Гидропресс», АО «Атомэнергоремонт»

РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

(19) **RU** (11) **2 779 216** (13) **C1**

(51) МПК
F01K 13/00 (2006.01)



ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА
ПО ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНОЙ СОБСТВЕННОСТИ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ

(52) СПК
F01K 13/00 (2022.05)

(21)(22) Заявка: 2022108493, 30.03.2022	(72) Автор(ы): Аракелян Эдик Койрунович (RU), Косой Анатолий Александрович (RU), Ягупова Юлия Юрьевна (RU)
(24) Дата начала отсчета срока действия патента: 30.03.2022	(73) Патентообладатель(и): федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский университет "МЭИ" (ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ") (RU)
Дата регистрации: 05.09.2022	(56) Список документов, цитированных в отчете о поиске: ЦЫПИН А. В. Выбор оптимальных параметров и автоматизация режима скользящего давления мощных энергоблоков. Автореферат дисс. канд. техн. Наук.- М: МЭИ, 2005, 20 с. RU 2537386 C1, 10.01.2015. SU 1133428 A1, 07.01.1985.
Приоритет(ы): (22) Дата подачи заявки: 30.03.2022	
(45) Опубликовано: 05.09.2022 Бюл. № 25	
Адрес для переписки: 111250, Москва, ул. Красноказарменная, 14, стр. 1, ФГБОУ ВО "НИУ "МЭИ", НИЦ, Центр патентования, защиты и оценки интеллектуальной собственности, Логиновой Н.А.	



**Кафедра Автоматизированных систем
управления тепловыми процессами**

Заведующий кафедрой
Мезин Сергей Витальевич



Технология расчета влажнопарового потока в проточных частях турбомашин на основе алгоритмов машинного обучения

Технология расчета влажнопарового потока в проточных частях турбомашин на основе алгоритмов машинного обучения



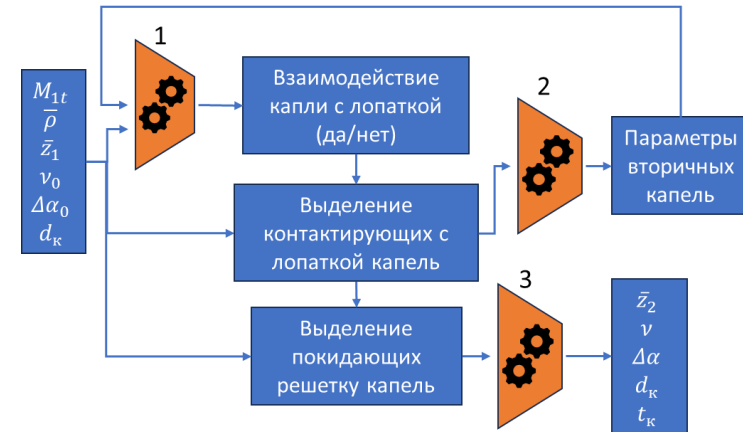
Сведения о **планируемом** проекте

Назначение: нейронные сети и модели кластеризации применяются для расчета движения капель, оптимизации щелей и оценки износа лопаток турбин.

Технические характеристики:

- Корень среднеквадратичной ошибки прогнозирования (RMSE) относительной координаты соударения 5,2%;
- RMSE безразмерного коэффициента энергии соударения 1,5%.

Научная новизна: разработка методов предсказания движения жидкой фазы в турбомашинах актуальна для повышения эффективности борьбы с эрозией. Конструкторам нужен инструмент, позволяющий на этапе проектирования прогнозировать поведение крупных капель.



Алгоритм применения нейронных сетей для прогнозирования поведения капель в межлопаточном канале: 1 - Нейронная сеть для прогнозирования сценария движения капли через межлопаточный канал: взаимодействует с лопаткой или пролетает канал без взаимодействия; 2 - Нейронная сеть для прогнозирования параметров осаждения капель на стенке межлопаточного канала; 3 - Нейронная сеть для прогнозирования параметров капель за решеткой.

Технология расчета влажнопарового потока в проточных частях турбомашин на основе алгоритмов машинного обучения



Потенциальное применение

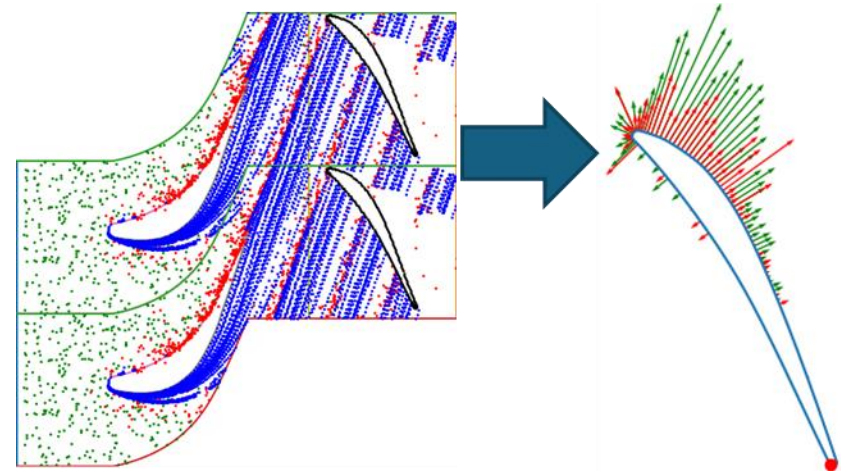
Уровень готовности (TRL №2): сравнение альтернатив, выбор технологической концепции, принципиальное решение: периметр технологии, интерфейс, критические элементы.

Эффекты от внедрения:

- Существенное снижение времени расчета потоков влажного пара;
- Возможность оптимизации конструктива проточных частей с точки зрения влагоудаления;
- Повышение эффективности систем влагоудаления паровых турбин.

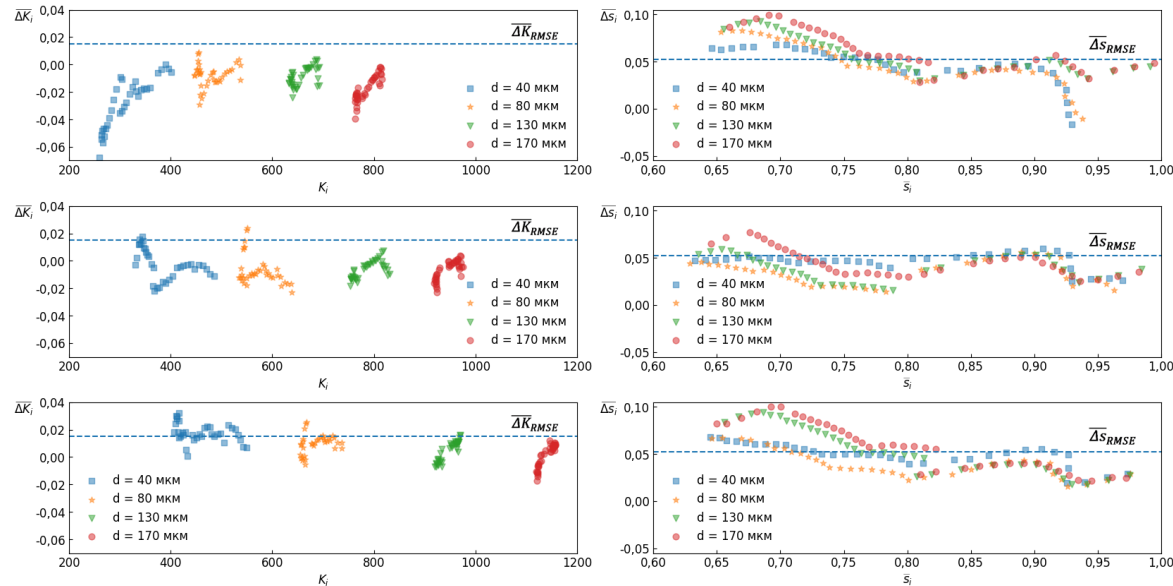
Основные заказчики:

АО «Силовые машины»; ПАО «Калужский турбинный завод»; АО «Уральский турбинный завод» и другие энергомашиностроительные предприятия.



Расчет движения влаги в паровых турбинах и прогнозирование эрозионного износа

Технология расчета влажнопарового потока в проточных частях турбомашин на основе алгоритмов машинного обучения



Прогнозы безразмерного критерия энергии соударения K , координаты соударения капли с поверхностью $\bar{s}$ и относительные погрешности их прогнозирования $\overline{\Delta s}_i$ и $\overline{\Delta K}_i$



Программа детального проектирования проточных частей паровых турбин



[Вернуться к содержанию](#)

Кафедра ПГТ

Программа детального проектирования проточных частей паровых турбин



Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: программа предназначена для расчета проточных частей паровых турбин, с помощью которой, исходя из заданных граничных условий, можно получить объемные модели каждой ступени в цилиндре и построить 3D модель турбины.

Функции:

1. Ввод исходных данных.
2. Оценка количества ступеней и разбивка теплоперепадов.
3. Построение эскиза проточной части.
4. Проектирование эскизов профилей каждой решетки в ступени по сечениям.
5. Автоматическое построение объемной 3D модели решетки в ступени.
6. Автоматическое построение объемной 3D модели цилиндра.

Навигация между вкладками

Этапы расчета:

- ☒ I. - Этап расчета ПТУ
- ☐ II. - Этап расчета ступеней ПТУ
- ☐ III. - Этап расчета по сечениям
- ☐ IV. - Этап профилирование

Этапы расчета проточной части:

- ☒ 1. - Расчет цилиндров ПТУ
- ☐ 2. - Расчет геометрии ПТУ
- ☐ 3. - Расчет параметров по ступеням

Подзадачи модуля

Ввод исходных данных

Выберите цилиндр расчета ПТУ:

Расчет ЦВД

P ₀ , МПа	L ₀ , °C	P _{2z} , МПа
0 - +	0 - +	0 - +

G ₀ , кг/с	G _{2z} , кг/с	etta _{oi} -
0 - +	0 - +	0 - +

rho _{k1} -	alfa ₁₁ , град	fi ₁ -
0 - +	0 - +	0 - +

rho _{k2} -	alfa ₁₂ , град	fi ₂ -
0 - +	0 - +	0 - +

D _{sr} , м	delta _D , м	delta, м
0 - +	0 - +	0 - +

n, Гц

0 - +

Расчет

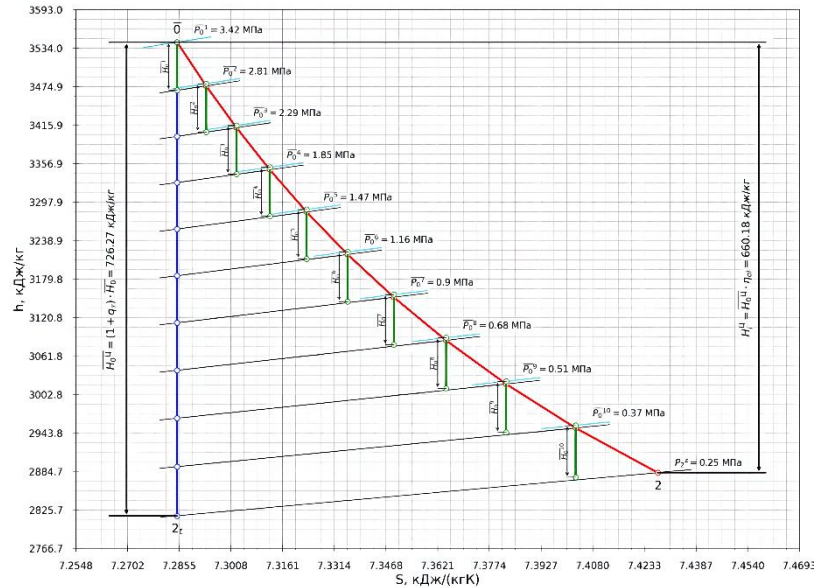
Выбор проектируемого цилиндра

Ввод граничных условий

Функция 1. Ввод исходных данных

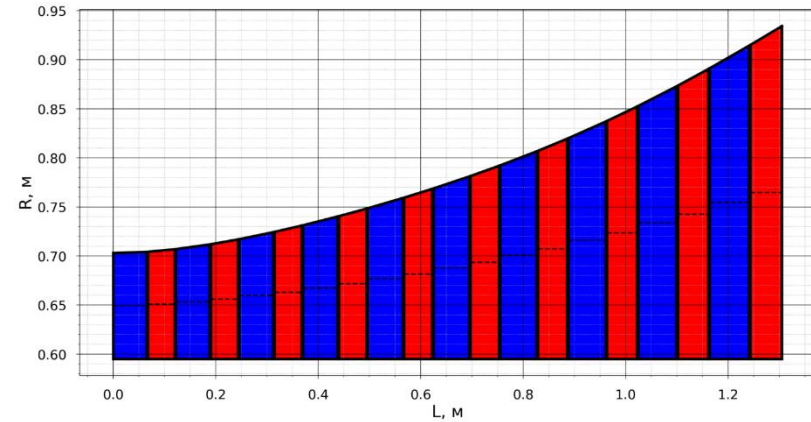
Ввод граничных условия и расчет разбивки теплоперепадов по ступеням

Программа детального проектирования проточных частей паровых турбин



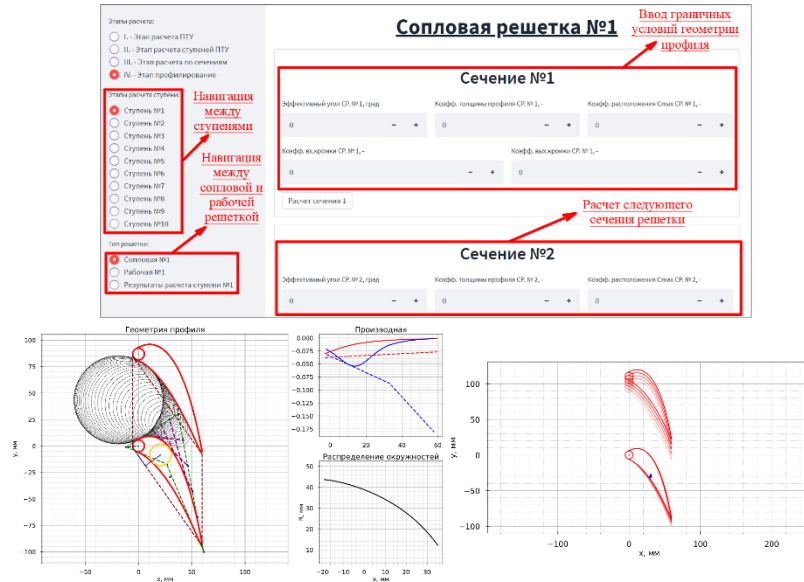
Функция 2. Оценка количества ступеней и разбивка теплоперепадов.

HS-диаграмма - результат расчет



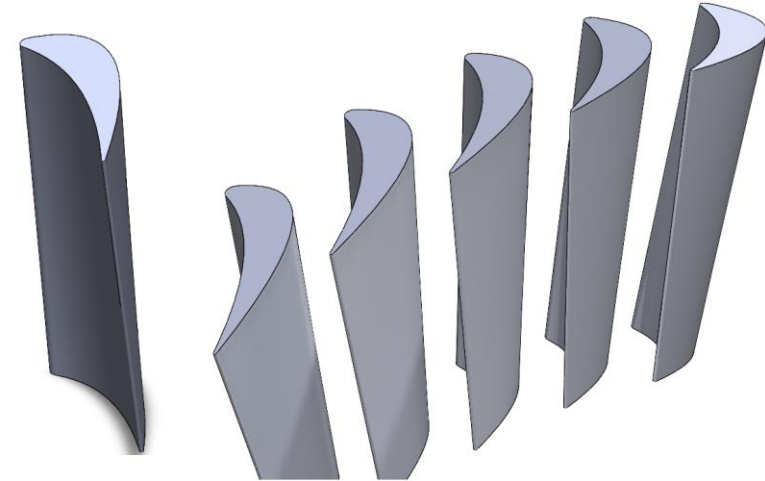
Функция 3. Построение эскиза проточной части
Результат работы программы по построению эскиза проточной части

Программа детального проектирования проточных частей паровых турбин



Функция 4. Проектирование эскизов профилей каждой решетки в ступени по сечениям.

Ввод граничных условий и результат построения



Функция 5. Автоматическое построение объемной 3D модели решетки в ступени.

Итоговый результат работы программы по проектированию проточных частей паровых турбин



Потенциальное применение

Уровень готовности программного продукта (TRL №2): сравнение альтернатив, выбор технологической концепции, принципиальное решение: периметр технологии, интерфейс, критические элементы (НИР).

№ свидетельства государственной регистрации:
RU 2024610168.

Номер записи в реестре российского ПО (reestr.digital.gov.ru): планируется.

Эффекты от внедрения: сокращает количество итераций расчетов при проектировании цилиндров паровых турбин.

Отечественные или зарубежные аналоги:
AxSTREAM, ANSYS TurboGrid, NUMECA FINE/Agile.

Основные заказчики: ПАО «Калужский турбинный завод», ОАО «Силовые машины».



Функция 6. Автоматическое построение объемной 3D модели цилиндра

Результат работы программы по построению проточной части турбины К-800-23,5



Устройство для борьбы с эрозионным износом лопаточного аппарата паровых турбин на основе комбинации методов обогрева и выдува

Устройство для борьбы с эрозионным износом лопаточного аппарата паровых турбин на основе комбинации методов обогрева и выдува



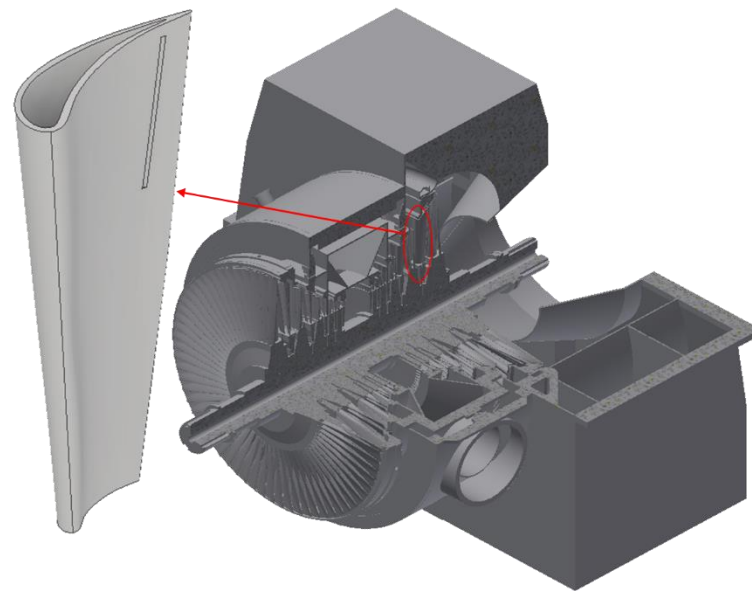
Сведения о *планируемом* проекте

Назначение: снижение эрозии лопаток паровых турбин путем обогрева направляющих лопаток паром и выдува его для дробления влаги

Технические характеристики:

- Ширина щели для выдува пара в проточную часть 1,5 мм;
- Диапазон температурного напора греющего пара ΔT от 10 до 40 °С;
- Давление греющего пара до 140 кПа.

Научная новизна: существующие системы влагоудаления на основе внутриканальной сепарации удаляют жидкую пленку с лопаток, однако утечка пара и крупнодисперсные капли снижают КПД. Предлагаемая система испаряет и дробит влагу в проточной части, уменьшая диаметр капель и исключая падение мощности ступени.



ЦНД паровой турбины с полыми сопловыми лопатками последней ступени для испарения и дробления эрозионно-опасной влаги

Устройство для борьбы с эрозионным износом лопаточного аппарата паровых турбин на основе комбинации методов обогрева и выдува



Потенциальное применение

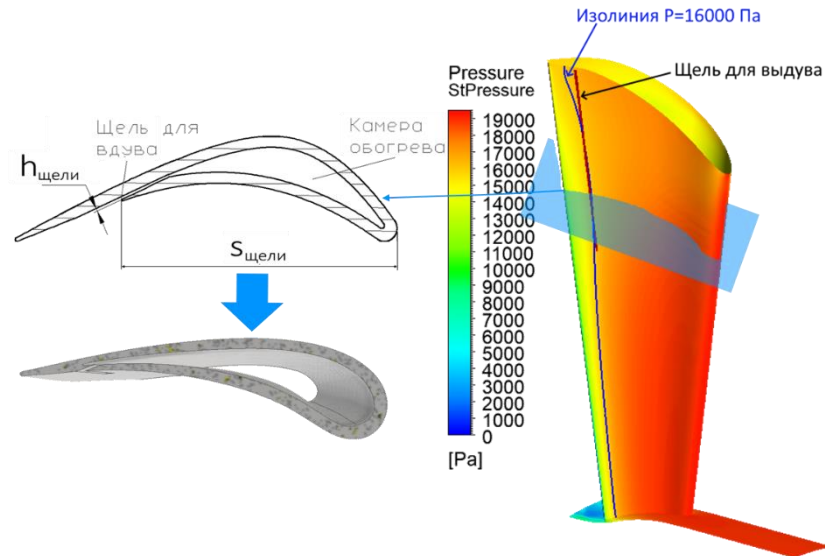
Уровень готовности (TRL №3): определение концепции. Проверка осуществимости и преимуществ, расчетное обоснование эффективности технологии, оценка рисков (НИР).

Эффекты от внедрения:

- Снижение концентрации крупнодисперсной влаги в кромочном капельном следе на 20-30%;
- Снижение эрозионного износа на 25-50%;
- Повышение экономичности ступени по сравнению с применением внутриканальной сепарации.

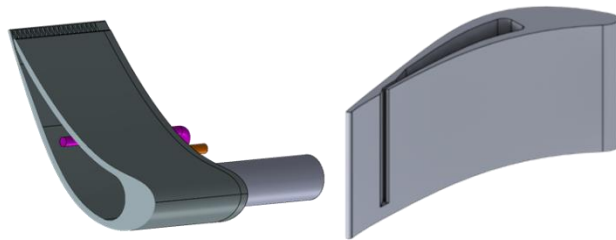
Основные заказчики:

АО «Силовые машины»; ПАО «Калужский турбинный завод»; АО «Уральский турбинный завод»; ООО «Газпром энергохолдинг»; ПАО «Интер РАО»



Разработка полой лопатки с камерой для обогрева и щелью для выдува греющего пара в последней ступени ЦНД паровой турбины

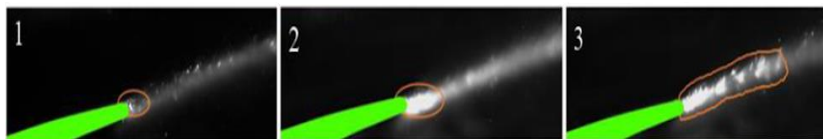
Устройство для борьбы с эрозионным износом лопаточного аппарата паровых турбин на основе комбинации методов обогрева и выдува



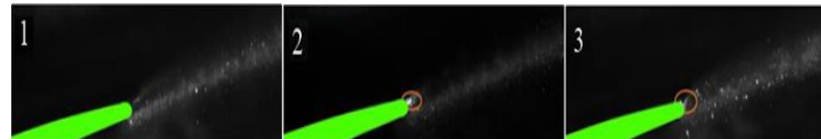
3D модели экспериментальных полых сопловых лопаток с различными вариантами выдува греющего пара



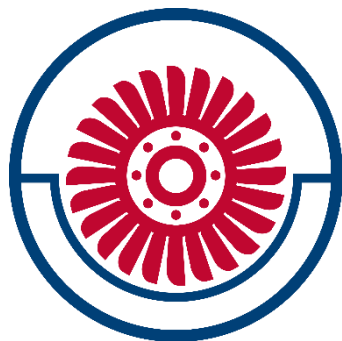
Объект исследования: Плоский пакет полых сопловых турбинных лопаток с подводом греющего пара и выдувом через выходную кромку



Экспериментальное фото жидкой фазы за плоской сопловой турбинной решеткой без выдува пара



Экспериментальное фото жидкой фазы за плоской сопловой турбинной решеткой с выдувом пара



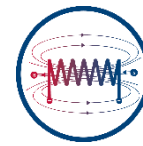
**Кафедра Паровых и газовых турбин
им. А. В. Щегляева**

**Заведующий кафедрой
Грибин Владимир Георгиевич**

The background features a large, light blue spiral that starts from the center and expands outwards. Overlaid on this spiral are several geometric elements: a series of red and blue radial lines, a large red wedge shape in the upper right, and various small red and blue circles and arcs scattered across the slide.

Технология поиска внутритрубной коррозии трубопроводов и измерения остаточной толщины металла без удаления изоляции

Технология поиска внутритрубной коррозии трубопроводов и измерения остаточной толщины металла без удаления изоляции



Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: технология предназначена для обнаружения и оценки очагов сплошной и локальной (питтинговой) коррозии трубопроводов и измерения толщины металла без удаления изоляции.

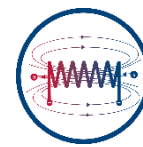
Технические характеристики: тип материала стенки труб – ферромагнитный; Диапазон толщин от 5 до 20 мм; Диаметры от 114 мм до 530 мм; Толщина изоляции от 3 до 20 мм; Гарантированно выявляемый внутренний коррозионный дефект – диаметр равный толщине на глубину 20% толщины.

Научная новизна: с использованием современных технологий создана импульсно-вихретоковая система для оперативного и точного обнаружения коррозии внутренней поверхности труб под внешней изоляцией.



Пример практически не обнаруживаемых участков питтинговой коррозии внутренней поверхности труб

Технология поиска внутритрубной коррозии трубопроводов и измерения остаточной толщины металла без удаления изоляции



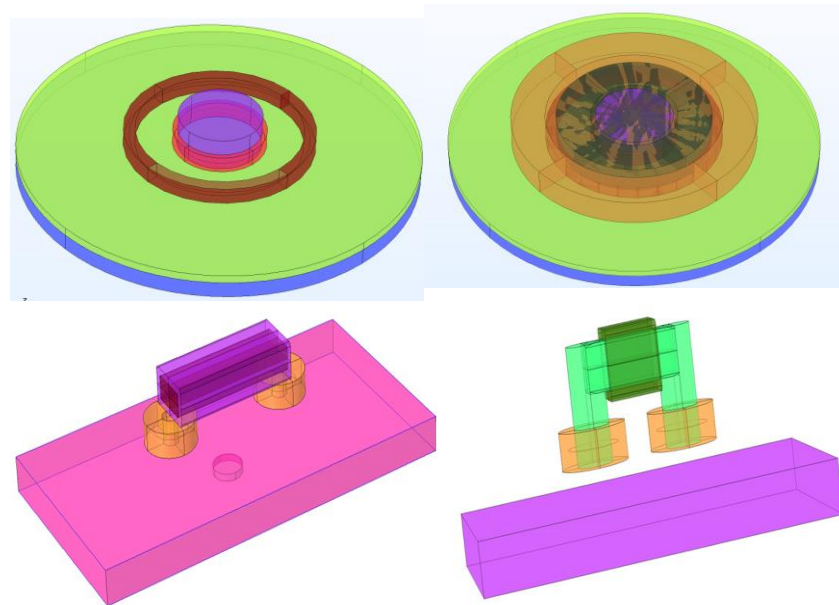
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL №4): подтверждена техническая реализуемость, проведена экспериментальная проверка индивидуальных компонентов в лабораторных условиях (НИР)

Эффекты от внедрения: внедрение разработки позволит значительно сэкономить финансовые средства на контроль состояния корродированного металла трубопроводов из углеродистой стали за счет отказа от дорогостоящей процедуры снятия и последующего восстановления изоляционного слоя

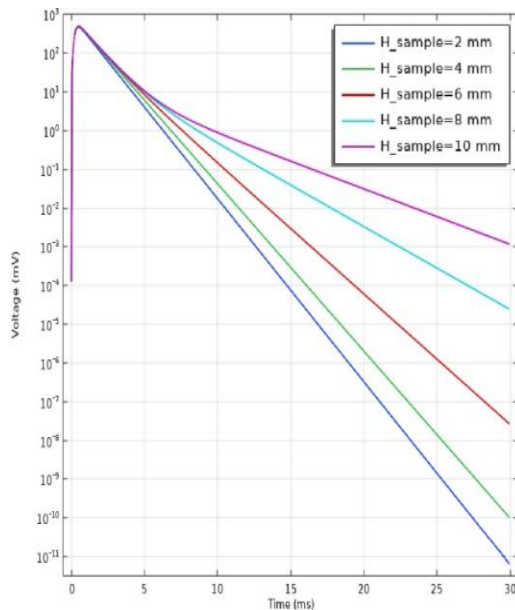
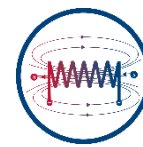
Основные заказчики:

ПАО «ТрансНефть», ПАО «ТМК», АО «Лукойл», Компании Группы «Интер РАО»



Варианты конструкции импульсно-вихретоковых преобразователей для обнаружения и оценки коррозии

Технология поиска внутритрубной коррозии трубопроводов и измерения остаточной толщины металла без удаления изоляции

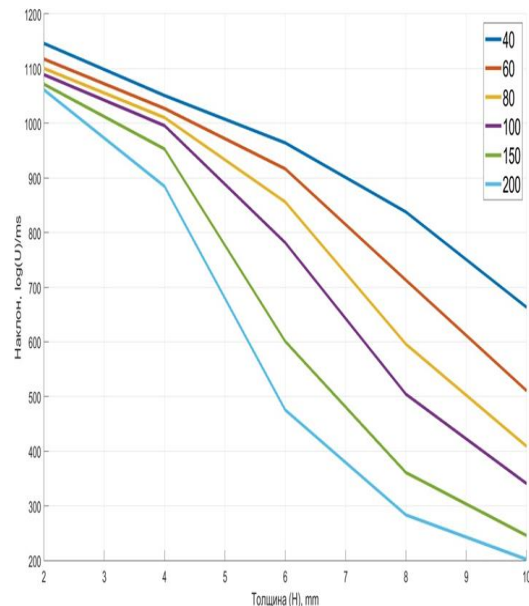
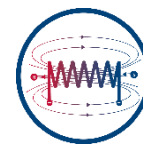


Результаты преобразования сигнала преобразователя для построения калибровочной характеристики при измерении толщины стенки трубы

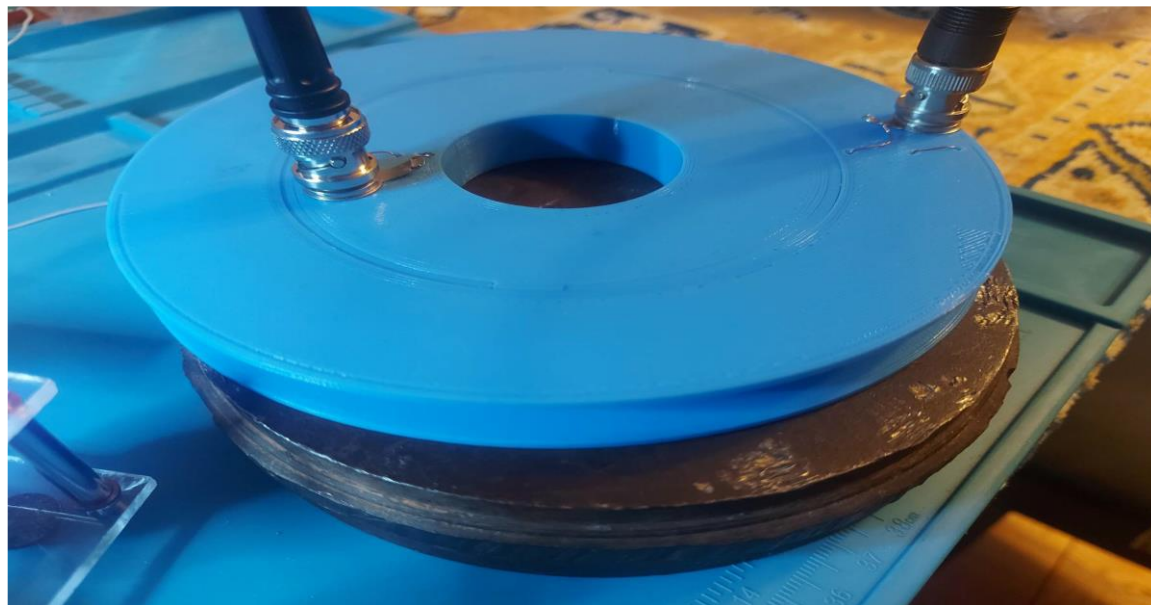


Генератор импульсов с широкими возможностями по настройке к различным условиям контролируемого объекта

Технология поиска внутритрубной коррозии трубопроводов и измерения остаточной толщины металла без удаления изоляции

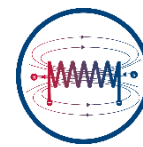


Влияние магнитной проницаемости образца на калибровочную характеристику при измерении толщины стенки трубы

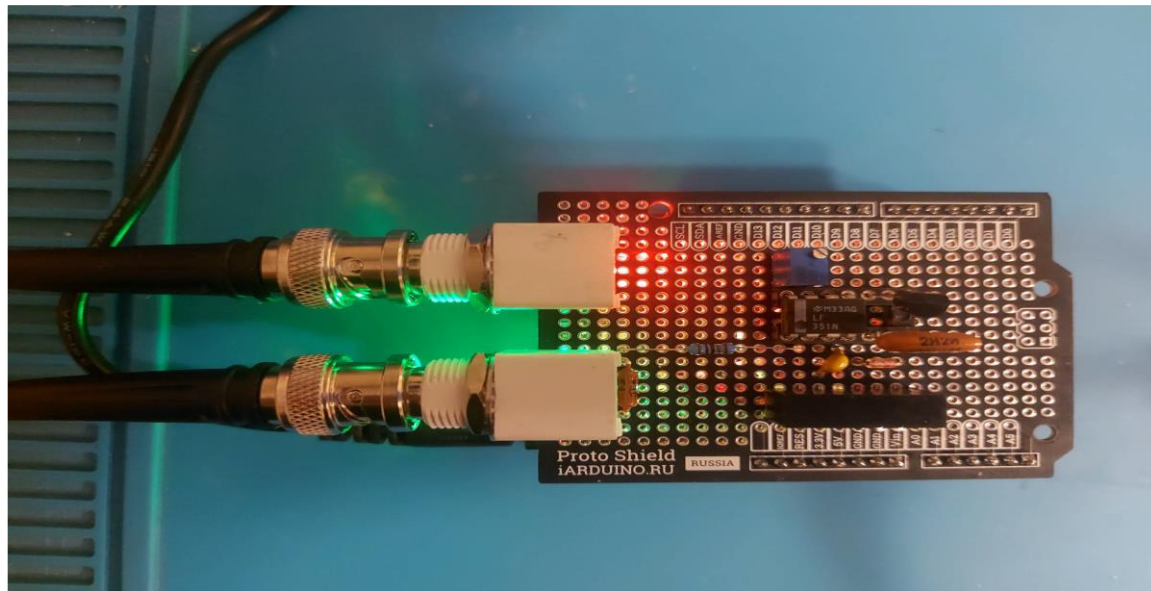


Плоский преобразователь на калибровочном ферромагнитном образце

Технология поиска внутритрубной коррозии трубопроводов и измерения остаточной толщины металла без удаления изоляции

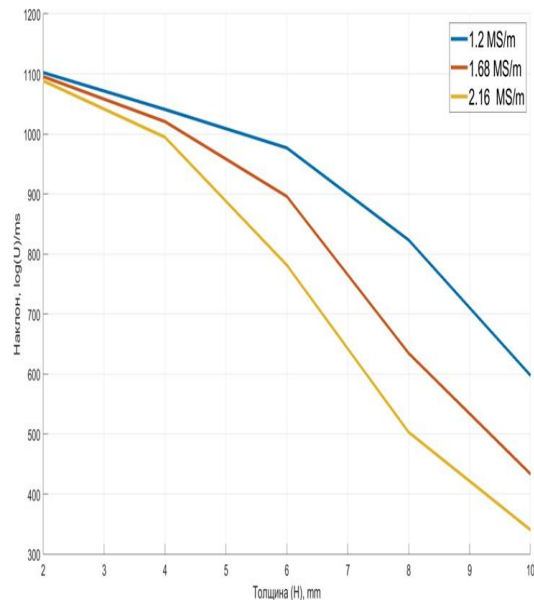
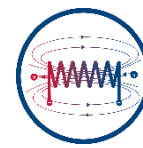


Измерение параметров
возбуждающей и приемной катушек
преобразователя

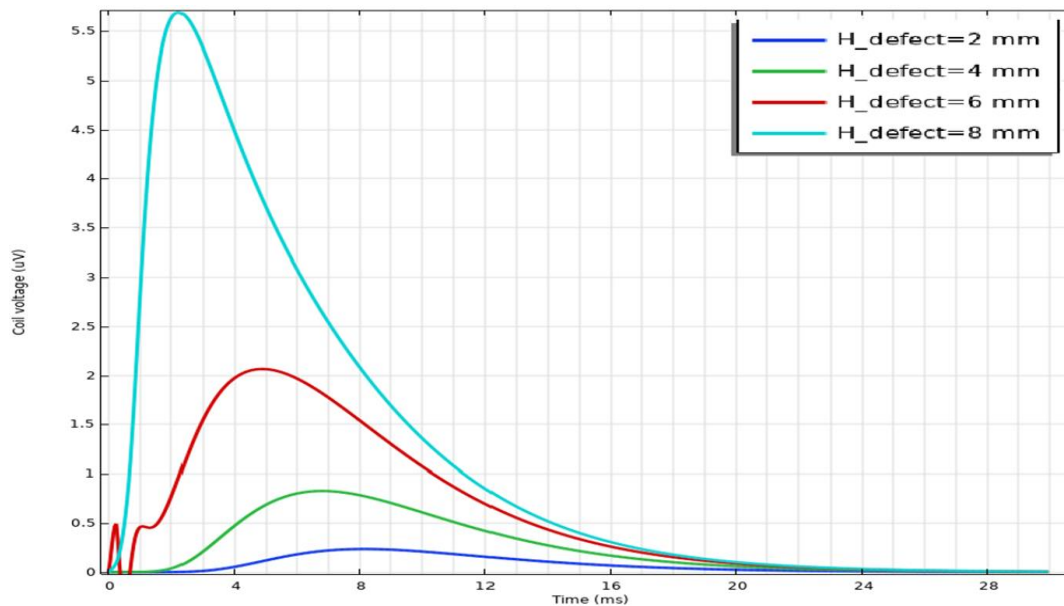


Логарифмический усилитель

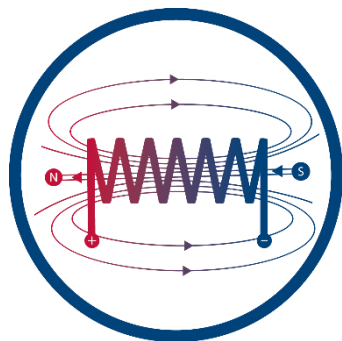
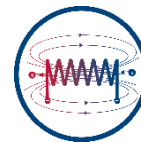
Технология поиска внутритрубной коррозии трубопроводов и измерения остаточной толщины металла без удаления изоляции



Влияние электрической проводимости образца на калибровочную характеристику при измерении толщины стенки трубы



Анализируемые сигналы приемной катушки при определении размеров обнаруженного коррозионного дефекта



Кафедра Диагностических
информационных технологий

Заведующий кафедрой
Хвостов Андрей Александрович



Накопитель тепловой энергии на основе фазоизменяемых материалов

Накопитель тепловой энергии на основе фазоизменяемых материалов



Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: накопитель тепловой энергии на основе фазоизменяемых материалов (ФИМ) позволяет запастись тепловой энергией в результате фазового перехода (плавление) с возможностью извлечения этой энергии в результате обратного фазового перехода (кристаллизация).

Технические характеристики: установка легко масштабируется подключением нескольких модулей. Длина одного модуля 1 м, диаметр 40 мм. Расчеты показывают, что для повышения интенсивности теплообмена достаточно повышения теплопроводности до $\sim 5 \text{ Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$.

Научная новизна: использование фазового перехода позволяет увеличить количество запасаемой энергии и увеличить длительность ее хранения.

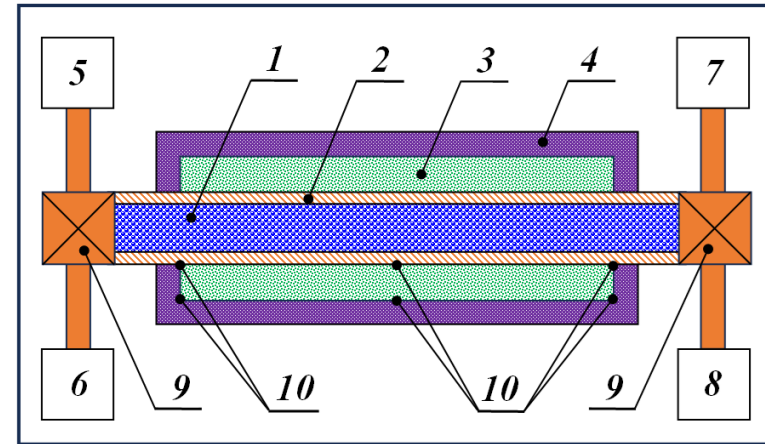


Схема модуля термоаккумулятора: 1 - трубопровод для пропускания горячей или холодной воды; 2 - медная оболочка внутреннего трубопровода; 3 - пространство между внешним и внутренним цилиндром, заполненное ФИМ; 4 - полипропиленовая оболочка внешнего цилиндра; 5 - источник холодной воды; 6 - источник горячей воды; 7 - приемник нагретой воды; 8 - приемник охлажденной воды; 9 - краны подачи воды; 10 - термопары.

Накопитель тепловой энергии на основе фазоизменяемых материалов



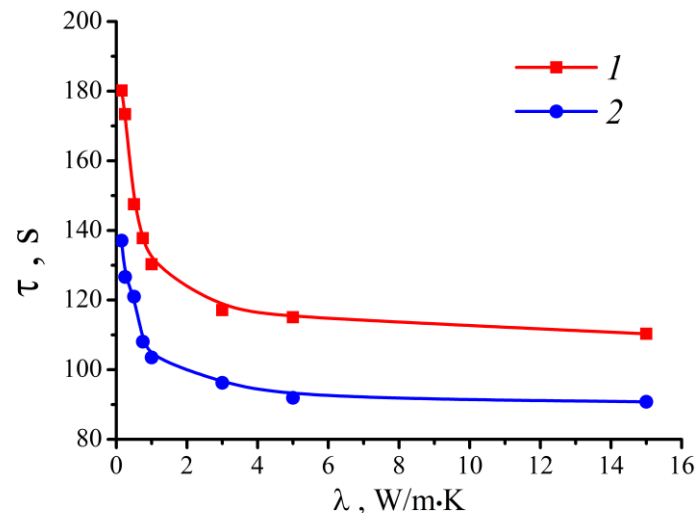
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL №4): разработан лабораторный образец накопителя тепловой энергии на основе фазоизменяемых материалов. Проведена оптимизация количества ФИМ.

Эффекты от внедрения: внедрение данного накопителя позволит использовать нетрадиционные методы получения энергии (ветровые, солнечные и приливные электростанции) в периоды низкого уровня потребления энергии.

Основные заказчики:

ГК «Ротек», ПАО «РусГидро», ГК «ИНСОЛАР», ГК «Ростатом», ГК «Ренова»



Зависимости характерного времени теплообмена от коэффициента теплопроводности ФИМ, вычисленные для режима нагрева 1 и охлаждения 2 накопителя тепловой энергии.



Системы для генерации и ускорения стационарных плазменных потоков

Системы для генерации и ускорения стационарных плазменных потоков

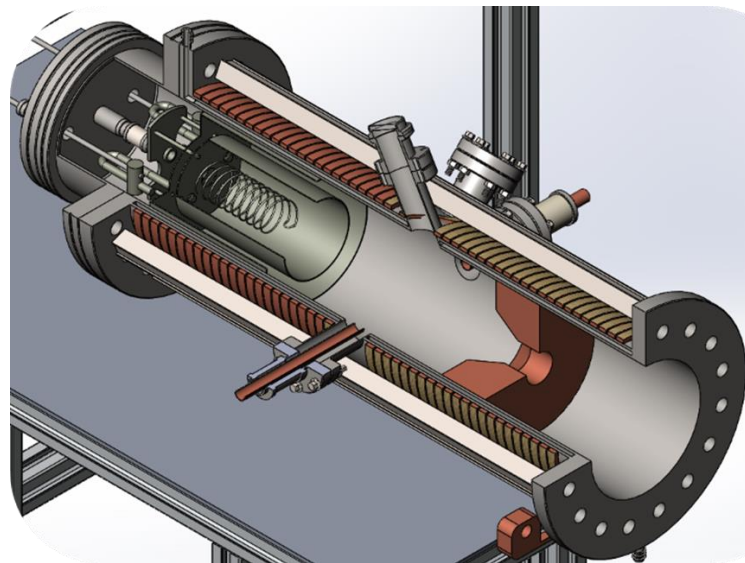


Сведения о **планируемом** проекте

Назначение: создание базы данных о воздействии плазмы на новые материалы (включая наноструктурные) с улучшенными свойствами для термоядерных установок. Разработка диагностического комплекса для измерения характеристик ускорения плазмы с геликонной антенной.

Технические характеристики: модуль теплофизических испытаний с мощностью нагрузки на образцы до 4 МВт/м²; электронной температурой до 10 эВ, плотностью до 10¹⁹м⁻³.

Научная новизна: разработан и апробирован метод получения стационарной замагниченной плазмы с параметрами диверторной плазмы токамак-реактора.



3D-модель установки ПЛМ

Системы для генерации и ускорения стационарных плазменных потоков



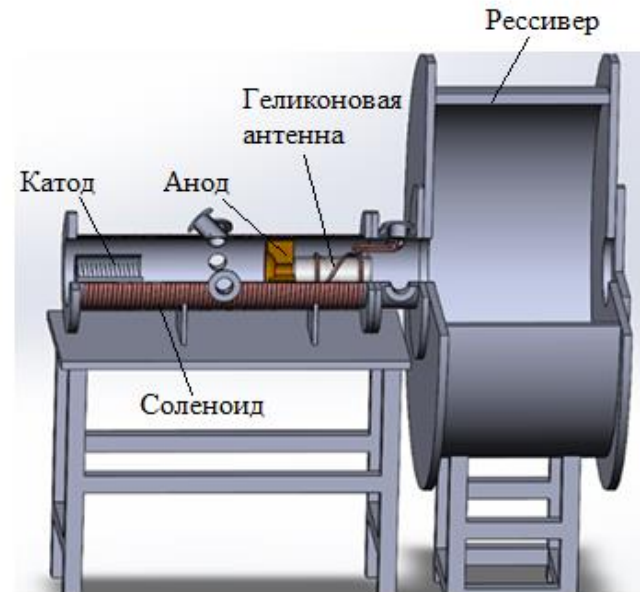
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL №3): создана экспериментальная база в НИУ «МЭИ» для испытаний материалов термоядерного реактора и отработки технологий плазменного двигателя: плазменные установки ПЛМ-М и ПЛМ.

Эффекты от внедрения: ускорение цикла разработки перспективных материалов для термоядерных установок на 40-50% за счет создания уникальной экспериментальной базы данных поведения материалов в условиях, приближенных к реальной эксплуатации.

Основные заказчики:

ГК «Росатом», ГК «Роскосмос», Концерн ВКО «Алмаз-Антей»



3D-модель установки ПЛМ-М



**Кафедра Общей Физики и Ядерного
Синтеза**

Заведующий кафедрой
Дедов Алексей Викторович



Высокоскоростные турбогенераторы для микротурбинных энергоустановок и мини ТЭЦ

Высокоскоростные турбогенераторы для микротурбинных энергоустановок и мини ТЭЦ

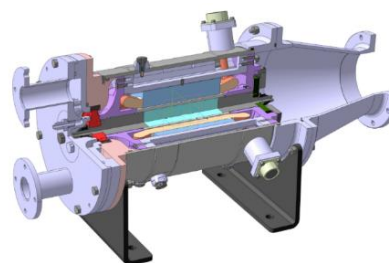


Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: высокоскоростные турбогенераторы с возбуждением от постоянных магнитов являются основным и наиболее сложным функциональным элементом газовых и паровых (работающих, в том числе, по органическому циклу Ренкина) микротурбинных энергоустановок и мини ТЭЦ.

Технические характеристики: мощность $1 \div 150$ кВт, частота вращения до 360000 об/мин, КПД электромагнитного преобразования $85 \div 90\%$, стационарное и транспортное исполнение.

Научная новизна: новизна решения состоит в агрегатной конструкции с расположением индуктора и рабочих колес на одном валу и использовании бесконтактных газодинамических подшипников.



Образцы и 3D-модель высокоскоростных турбогенераторов

Высокоскоростные турбогенераторы для микротурбинных энергоустановок и мини ТЭЦ



Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL №7): выполнен ряд НИОКР, изготовлены экспериментальные образцы, проведены их функциональные и ресурсные испытания.

Эффекты от внедрения: повышение энергетической безопасности РФ за счёт создания надёжных и эффективных отечественных, энергоустановок. Обеспечение теплом и электричеством Арктических и Северных регионов. Повышение экологичности промышленных объектов за счёт утилизации низкопотенциального тепла, в том числе – теплоты выхлопных газов транспортных средств. Создание автономных, в том числе носимых энергоустановок.

Основные заказчики: ПАО «РусГидро», МО РФ.



Стендовые испытания образца прототипа энергоустановки по утилизации теплоты выхлопных газов автомобилей, работающей по органическому циклу Ренкина



**Кафедра Электротехнических
комплексов автономных объектов и
электрического транспорта**

**Заведующий кафедрой
Румянцев Михаил Юрьевич**



Высокоэффективные глушители шума выброса пара модульной конструкции для котлов ТЭС

Высокоэффективные глушители шума выброса пара модульной конструкции для котлов ТЭС

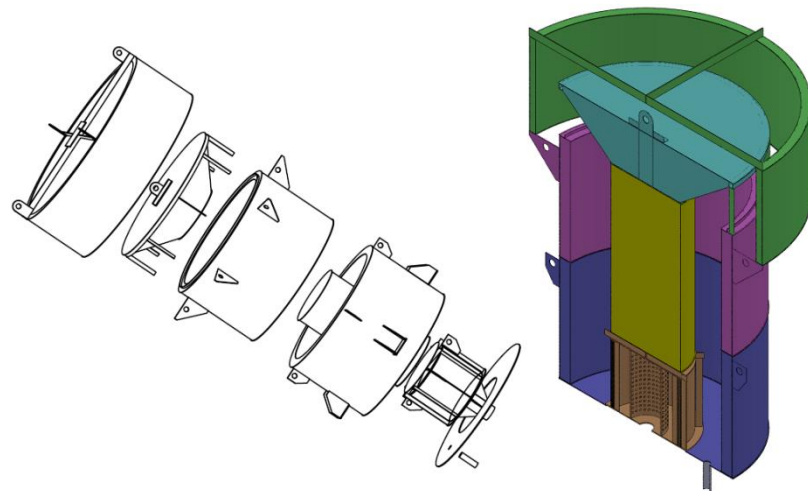


Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: разработка применяется для высокоэффективного снижения шума выбросов пара в атмосферу на ТЭС после главных предохранительных клапанов, продувок пароперегревателей энергетических котлов и редуционно-охладительных установок.

Технические характеристики: эффективность снижения шума более 40 дБА; умеренные массогабаритные характеристики, широкий диапазон расходов сбрасываемого пара.

Научная новизна: применение специального запатентованного дроссельного устройства из стальной цепи для плавного снижения давления сбрасываемого пара; модульность конструкции, которая позволяет осуществлять быструю сборку и разборку элементов конструкции на месте установки.



3D-модель эскизного проекта глушителя шума модульной конструкции

Высокоэффективные глушители шума выброса пара модульной конструкции для котлов ТЭС



Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL №9): налажено производство высокоэффективных глушителей шума выброса пара на Опытном заводе МЭИ (ОПЗ МЭИ).

Эффекты от внедрения: соблюдение санитарных норм по фактору шума на селитебной и производственной территориях, исключение штрафных санкций и жалоб населения, сокращение санитарно-защитных зон при необходимости строительства жилья вблизи ТЭС.

Основные заказчики:

ПАО «Мосэнерго», АО "ОГК ГРУПП", АО «ТГК» и другие электрогенерирующие компании.



Модули глушителей шума выброса пара, изготовленные на ОПЗ МЭИ



Кафедра тепловых электрических станций

Заведующий кафедрой
Дудолин Алексей Анатольевич



Адаптивная система управления ВХР на ТЭС и АЭС

Адаптивная система управления ВХР на ТЭС и АЭС



Сведения о *планируемом* проекте

Назначение: управление водно-химическим режимом во всем диапазоне рабочих нагрузок, включая пусковые режимы работы энергоблока с учетом адаптивности многопараметрической компенсации возмущающих воздействий по расходу обрабатываемой воды.

Технические характеристики: информационная мощность - 20 сигналов вх./вых.; Выделяемая тепловая энергия - 100 кВт; Цифровая индикация на ЖК дисплее контроллера; Цифровые выходы RS-242, RS-482; токовые выходы 4-20 мА; релейные выходы.

Научная новизна: алгоритм адаптации к изменяющимся возмущающим воздействиям с помощью нейронных сетей, применении нейросети с синусоидальной функцией активации.



Реализация системы адаптивного управления ВХР

Адаптивная система управления ВХР на ТЭС и АЭС



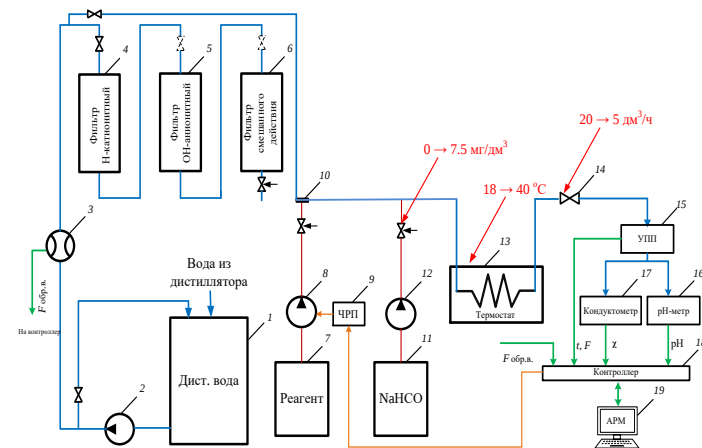
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL № 6): модель или прототип системы/подсистемы продемонстрированы в условиях, близких к реальным. Возможна полномасштабная разработка системы с реализацией требуемых свойств и уровня характеристик.

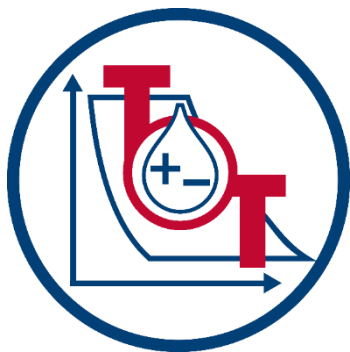
Эффекты от внедрения:

- снижение недовыработки электроэнергии на 0,5%;
- уменьшение количества нарушений ВХР в 5-10 раз;
- снижение скорости роста отложений на 50%

Основные заказчики: ПАО «РусГидро», ГК «Росатом», ПАО «ИнтерРАО», ПАО «Мосэнерго».

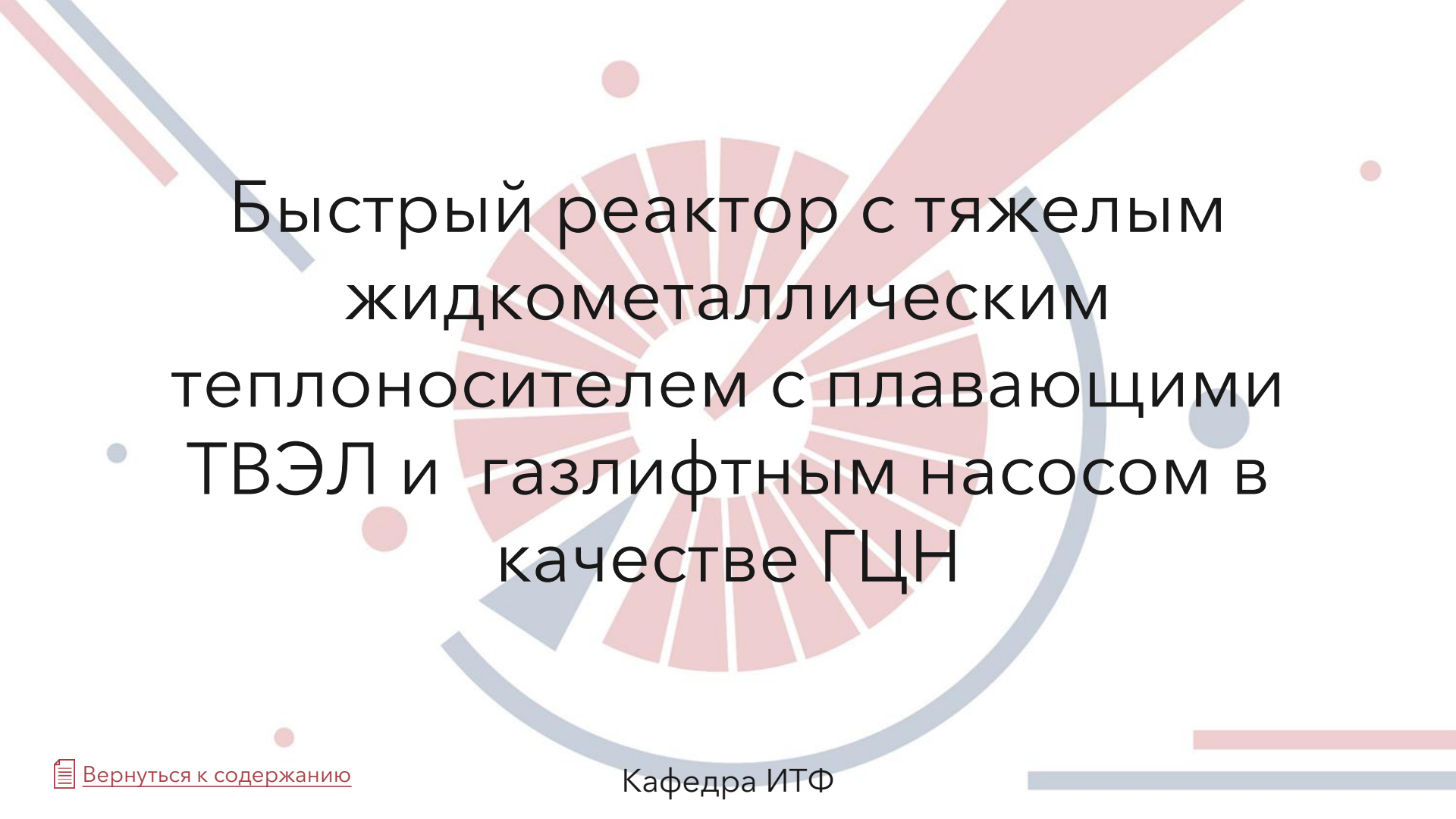


1 – бак запаса дистиллированной воды (емкостью 100 дм³); 2 – насос подачи воды; 3 – расходомер; 4 – Н-катионитный фильтр; 5 – ОН-анионитный фильтр; 6 – фильтр смешанного действия; 7 – бак запаса реагента (емкостью 20 дм³); 8 – насос подачи аммиака; 9 – частотно-регулируемый привод; 10 – узел смешения; 11 – бак запаса модельного раствора; 12 – насос подачи модельного раствора; 13 – термостат; 14 – запорный вентиль; 15 – устройство подготовки пробы; 16 – датчик pH-метра; 17 – датчик удельной электрической проводимости; 18 – контроллер; 19 – автоматизированное рабочее место



**Кафедра Теоретических основ
теплотехники имени М.П. Вукаловича**

**Заведующий кафедрой
Шацких Юлия Владимировна**



Быстрый реактор с тяжелым жидкометаллическим теплоносителем с плавающими ТВЭЛ и газлифтным насосом в качестве ГЦН

Быстрый реактор с тяжелым жидко-металлическим теплоносителем с плавающими ТВЭЛ и газлифтным насосом в качестве ГЦН

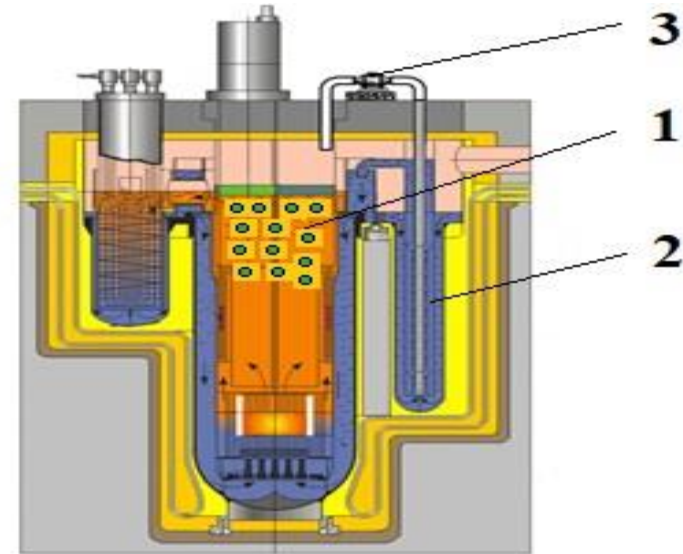


Сведения о *планируемом* проекте

Назначение: энергетический быстрый реактор

Технические характеристики: предложена концепция быстрого реактора, с жидким свинцом в качестве теплоносителя и ТВЭЛ в виде плавающего шара. АЗ реактора представляет псевдооживленную структуру из шаровых ТВЭЛ, плавающих в свинце. Это позволит решить проблему с засорением теплообменных каналов в АЗ и обеспечит дополнительную естественную безопасность. Использование газлифтного насоса в качестве ГЦН, несмотря на рост энергопотребления в 2.5 раза,кратно повышает надежность агрегата.

Научная новизна: концепция плавающих в АЗ ТВЭЛ ранее никем не предлагалась.



Примерный вид предлагаемого реактора. За основу взята БРЕСТ-ОД-300: 1 – АЗ с плавающими шаровыми ТВЭЛ, 2 – газлифтный насос в качестве ГЦН, 3 – компрессор.

Быстрый реактор с тяжелым жидко-металлическим теплоносителем с плавающими ТВЭЛ и газлифтным насосом в качестве ГЦН



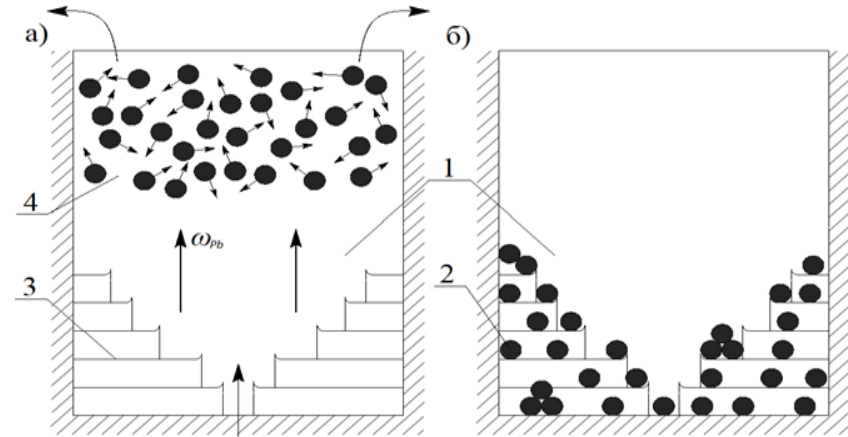
Потенциальное применение

Уровень готовности (TRL 3): в настоящее время проведены поверочные расчеты, где в качестве базы взяты параметры БРЕСТ-ОД-300. Расчеты показали практическую применимость предлагаемых технических решений.

Эффекты от внедрения: использование шаровых ТВЭЛ решает проблему с засорением каналов в АЗ и осуществляет обновление материала АЗ в процессе работы. Использование газлифта в качестве замены ГЦНкратно увеличит надежность системы.

Основные заказчики:

ГК «Росатом», НИЦ «Курчатовский институт», АО «Атомэнергопроект» и другие подразделения ГК «Росатом»



Активная зона до остановки циркуляции теплоносителя (а) и после (б). 1 - теплоноситель, 2 - шаровой ТВЭЛ, 3 - ступенчатая структура, 4 - псевдоожиженная структура



МГД-стенд по исследованию гидродинамики и теплоотдачи жидкого металла в продольном магнитном поле применительно к созданию термоядерного реактора

МГД-стенд по исследованию гидродинамики и теплоотдачи жидкого металла в продольном магнитном поле применительно к созданию термоядерного реактора



Сведения о *реализованном* проекте

Назначение: экспериментальный стенд, предназначенный для исследования гидродинамики и теплообмена жидкометаллических теплоносителей (ртуть) в продольном магнитном поле. В экспериментах рассматриваются течения в трубе при различных ориентациях скорости течения, магнитного поля, силы тяжести.

Технические характеристики: режимные параметры: числа Рейнольдса Re - до 55000, числа Пекле Pe - до 1200, числа Грасгофа Gr_q - до 10^8 , числа Гартмана Ha - до 460.

Научная новизна: комплексные знания о закономерностях теплообмена и физических явлениях, порождающих сложные взаимодействия между сопряженными потоками жидкого металла, естественной, вынужденной и смешанной конвекцией, осложненной МГД-эффектами.



Экспериментальный стенд для исследования гидродинамики и теплообмена жидкого металла в продольном магнитном поле.

МГД-стенд по исследованию гидродинамики и теплоотдачи жидкого металла в продольном магнитном поле применительно к созданию термоядерного реактора



Потенциальное применение

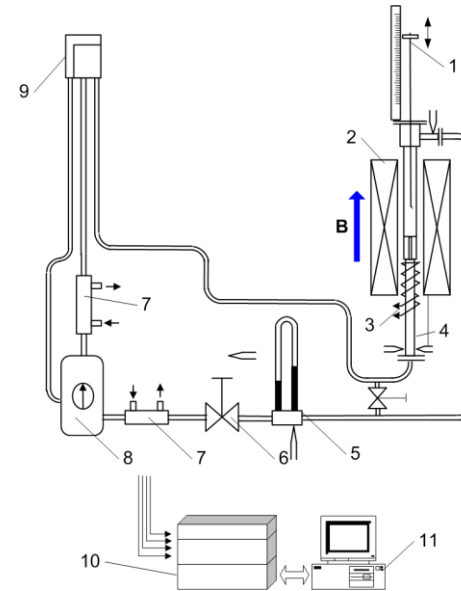
Уровень готовности (TRL №4): на стенде проведены исследования гидродинамики и теплообмена при различных конфигурациях течения и вариантах обогрева во всем диапазоне режимных параметров.

Эффекты от внедрения:

экспериментально установленные закономерности гидродинамики и теплообмена, могут быть использованы при разработке теплообменных жидкометаллических систем: в модулях blankets ТИН и ТЯР.

Основные заказчики:

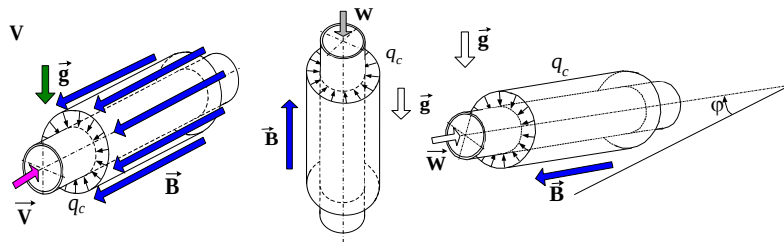
НИКИЭТ имени Н. А. Доллежала, НИЦ «Курчатовский институт» и др. организации Госкорпорации «Росатом»



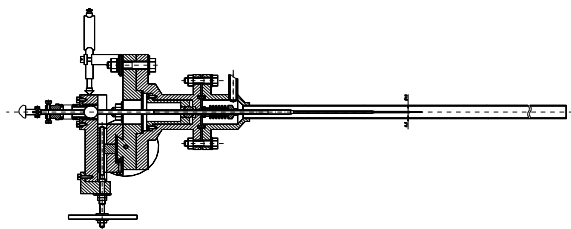
- 1 – зонд,
- 2 – соленоид,
- 3 – нагреватель,
- 4 – рабочий участок,
- 5 – расходомер,
- 6 – запорно-регулирующий вентиль,
- 7 – холодильники,
- 8 – резервуар со ртутью и насос,
- 9 – бак постоянного уровня,
- 10 – приборная стойка ИВК АСНИ,
- 11 – персональный компьютер

Схема экспериментального МГД-стенда.

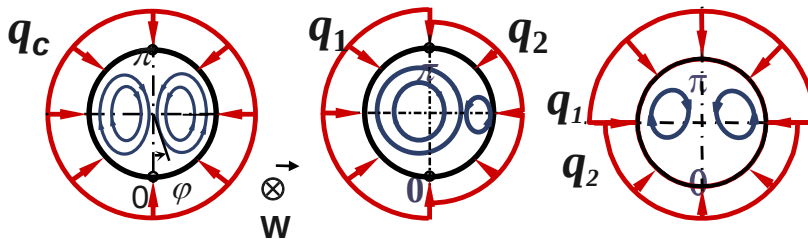
МГД-стенд по исследованию гидродинамики и теплоотдачи жидкого металла в продольном магнитном поле применительно к созданию термоядерного реактора



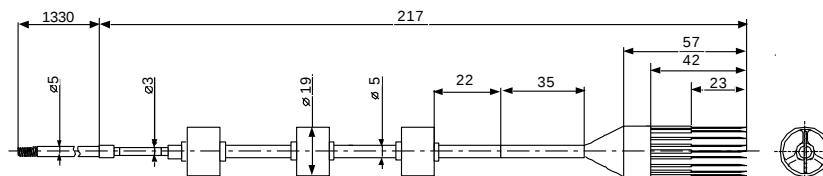
Конфигурация МГД-течения: горизонтальная труба, вертикальная труба, наклонная труба



Радиальный рычажного типа

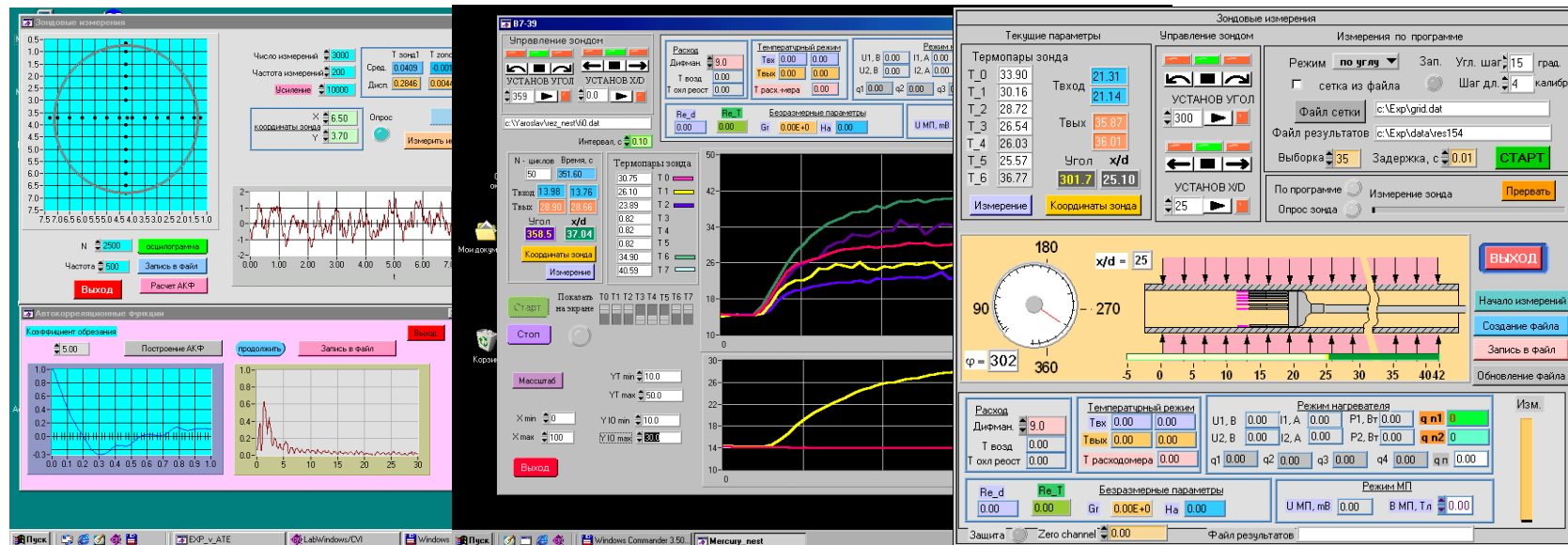


Варианты обогрева: однородный обогрев - $q_c = \text{const}$
неоднородный - несимметричный «справа-слева» $q_1 \neq q_2$
неоднородный - несимметричный «сверху-снизу» $q_1 \neq q_2$



Продольный типа "гребенка"

МГД-стенд по исследованию гидродинамики и теплоотдачи жидкого металла в продольном магнитном поле применительно к созданию термоядерного реактора



Современные технологии автоматизированного эксперимента

The background features a large, light blue spiral that starts from the center and expands outwards. Overlaid on this spiral are several geometric elements: a series of red and blue radial lines, a large red triangle in the upper right, and various smaller red and blue circles and lines scattered across the frame.

Программный комплекс «Расчет характеристик теплообмена при пленочном кипении недогретых жидкостей»

Программный комплекс «Расчет характеристик теплообмена при пленочном кипении недогретых жидкостей»



Сведения о *планируемом* проекте

Назначение: программный комплекс (ПК) предназначен для расчета характеристик теплообмена при охлаждении высокотемпературных тел в недогретых жидкостях (режимы устойчивого пленочного кипения и перехода к интенсивному режиму охлаждения). ПК актуален для предприятий атомной энергетики, занимающихся анализом аварийных процессов при охлаждении высоконагретых тепловыделяющих элементов активной зоны реактора, оболочки которых выполнены из различных металлов (в том числе, из материалов «толерантного топлива»). Также ПК актуален для металлургических предприятий, занимающихся закалкой металлов (для определения характеристик теплообмена при закалке металла).

Функции :

1. Расчет коэффициентов теплоотдачи и отводимых тепловых потоков в режиме устойчивого пленочного кипения при охлаждении высокотемпературных тел в недогретых жидкостях;
2. Расчет температуры перехода к интенсивному режиму при охлаждении высокотемпературных тел в недогретых жидкостях;
3. Восстановление кривой кипения при охлаждении высокотемпературных тел в недогретых жидкостях

Программный комплекс «Расчет характеристик теплообмена при пленочном кипении недогретых жидкостей»



Потенциальное применение

Уровень готовности программного продукта (TRL №7): разработана тестовая версия ПК; проведена валидация теоретических моделей, реализованных в ПК

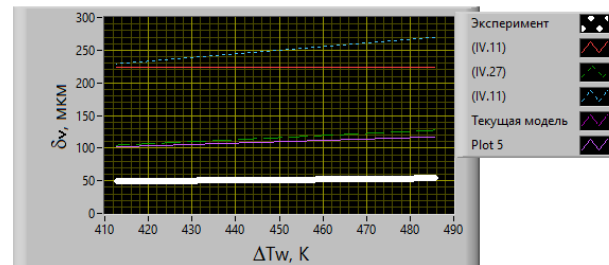
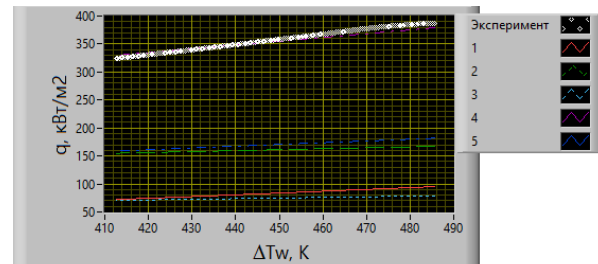
Номер записи в реестре российского ПО (reestr.digital.gov.ru): планируется регистрация ПО после доработки ПК

Эффекты от внедрения: создание ПК позволит рассчитывать характеристики теплообмена при охлаждении высокотемпературных тел для обоснования ядерной безопасности, а также для технологий закалки

Отечественные или зарубежные аналоги: программы для ЭВМ «ATHLET», «TRACE»

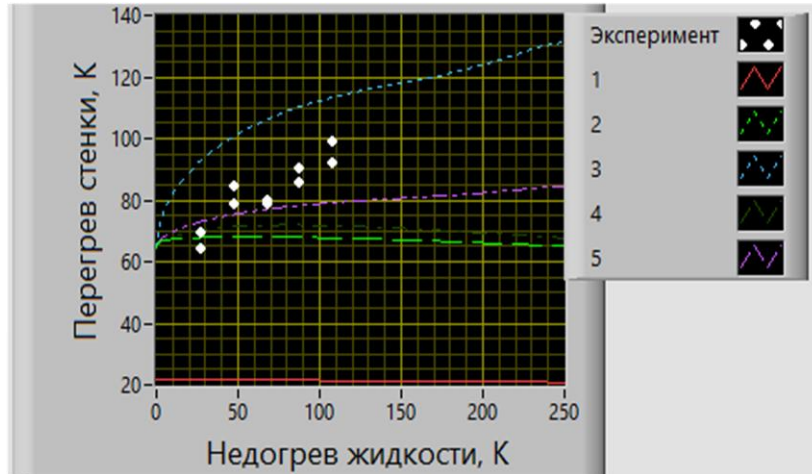
Основные заказчики:

Госкорпорация Росатом; Госкорпорация «ВАГОНМАШ»

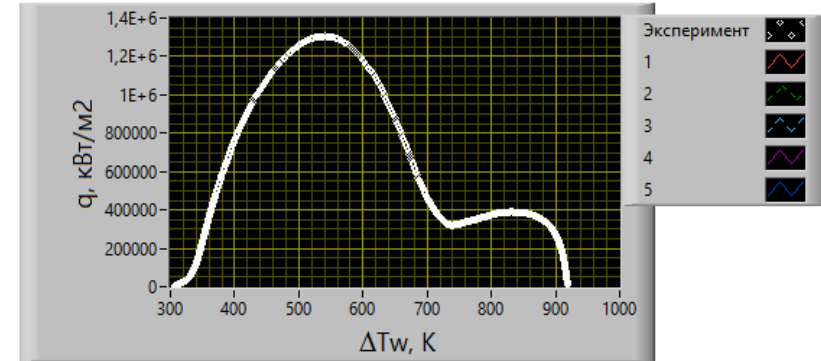


Функция 1. Расчет коэффициентов теплоотдачи и отводимых тепловых потоков в режиме устойчивого пленочного кипения при охлаждении высокотемпературных тел в недогретых жидкостях

Программный комплекс «Расчет характеристик теплообмена при пленочном кипении недогретых жидкостей»



Функция 2. Расчет температуры перехода к интенсивному режиму при охлаждении высокотемпературных тел в недогретых жидкостях



Функция 3. Восстановление кривой кипения при охлаждении высокотемпературных тел в недогретых жидкостях



Кафедра Инженерной теплофизики

Заведующий кафедрой
Герасимов Денис Николаевич