



НИИГРАФИТ | ГИРЕДМЕТ

Инжиниринговые услуги химико-технологического кластера (ХТК)

Руководитель направления по инжинирингу
Смыкало Антон Юрьевич
anysmykalo@rosatom.ru

Химико-технологический кластер оказывает инжиниринговые услуги по следующим направлениям:

Металлы, редкие металлы, редкоземельные металлы и др. химические элементы

Машины и аппараты химических производств
(установки хлорирования; электролизеры)



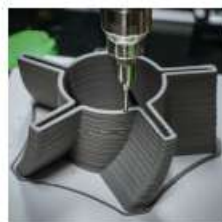
Нестандартное оборудование
(установки роста; вакуумный пресс горячего прессования;
RIP- установки; автоклавы высокого давления)



Высокотемпературные вакуумные печи
(печи дистилляции; установка хлорирования ОРЗМ; установка для
выращивания монокристаллов; термостокое видеонаблюдение)



Аддитивное оборудование
(атомайзер получения порошков титановых сплавов)



Электротехническое оборудование
(шкафы СУ; ШУ на базе ПЛК; КД АСУ ТП; РКД модернизации
АСУ ТП; предпроектное обследование действующих ТП)



Цифровые продукты

(цифровое моделирование опытно-промышленных установок; автоматизация и цифровизация действующих установок; модернизация действующих технологий)

Композитные материалы, кварц, графит



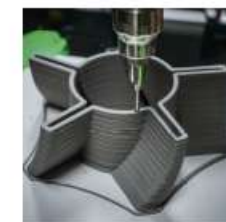
Изделия из композитных материалов
(корпуса, панели, элементы, обтекатели, деки столов и др.)



Нестандартное оборудование из кварцевого стекла
(кварцевые реакторы, ампулы, сосуды, лодочки, лабораторное нестандартное
оборудование, изделия из особого чистого кварца)



Высокотемпературные вакуумные печи
(печи ЭВП-750; ЭВП-1900; установка для исследования кинетики пропитки
металлами; установка для исследования кинетики смачивания и растекания
металлов)



Аддитивное оборудование
(Принтеры 3D печати)

Разработка программного обеспечения
(графические мнемосхемы мониторинга ТП; визуализация СУ установок;
прикладное ПО различного оборудования; система интеллектуального анализа и
систематизации данных; автоматизированная система подсчета дефектов)

Ключевые компетенции:

- научно-технологический задел ведущих институтов материаловедческого профиля;
- глубокое знание профиля работы с редкими химическими элементами;
- внедрение перспективных разработок, обеспечивающих технологическое превосходство предприятий;
- оснащение производств кастомизированным оборудованием;
- инновационные подходы к технологической модернизации действующих производств;
- создание новых промышленных объектов: технологические решения в составе проекта завода.

Управление проектами от модернизации установок до заказов «под ключ»:

- сбор и анализ исходных данных;
- лабораторные исследования;
- технологические решения;
- проведение расчетов;
- цифровое моделирование;
- техническая документация;
- экспертиза документации;
- изготовление/сборка/испытания опытного образца;
- постановка на производство;
- транспортная логистика;
- монтаж и наладка;
- обучение персонала;
- сервис.

Оборудование изготавливается под заказ по согласованному ТЗ.

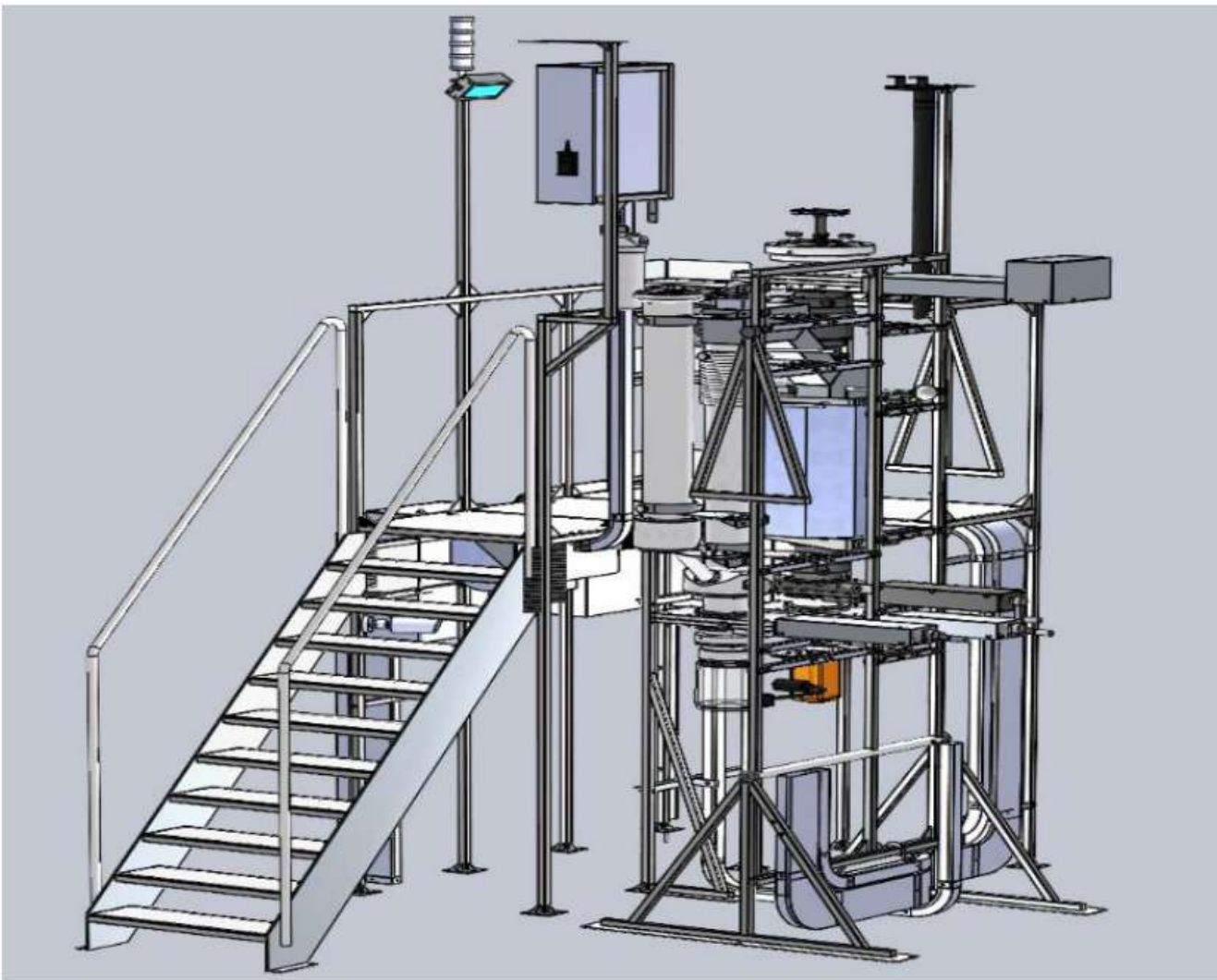




НИИГРАФИТ | ГИРЕДМЕТ

Приложения

Установки хлорирования: на примере установки хлорирования диоксида гафния



Установка хлорирования диоксида гафния является уникальной в своем роде, аналогов в мире по технологии, которая лежит в основе работы установки и по конструктивным решениям, в настоящее время нет. Преимуществом технологии является возможность непрерывного получения высокочистого тетрахлорида гафния 99,99% с выходом годного выше 95%, с околонулевыми безвозвратными потерями.

Исходным сырьем для установки являются гранулированный диоксид гафния с углем.

Сырье нагревается до температуры порядка 700 ÷ 1000 °С и реагирует с газообразным хлором. Образующийся тетрахлорид гафния улавливается в кварцевом кристаллизаторе, а легколетучие примеси покидают зону реакции, за счет чего происходит очистка.

Исходным сырьем установок данного типа может выступать практически большинство элементов таблицы Менделеева. Выходным продуктом могут быть соответствующие хлориды в разных фазовых состояниях.

Характеристики	Значения
Товарная продукция	порошок высокочистого тетрахлорида гафния 99,99%
Производительность	от 10 кг в сутки
Выход годного по гафнию	от 95 %
Сырье	диоксид гафния с углеродом
Рабочая среда	аргон, хлор
Режим работы	круглосуточный
Температура хлорирования	от 800 °С до 1000 °С
Скорость подачи хлора	до 30 дм³/мин
Масса	1500 кг
Габариты (ВхШхГ)	5000×3000×3000 мм

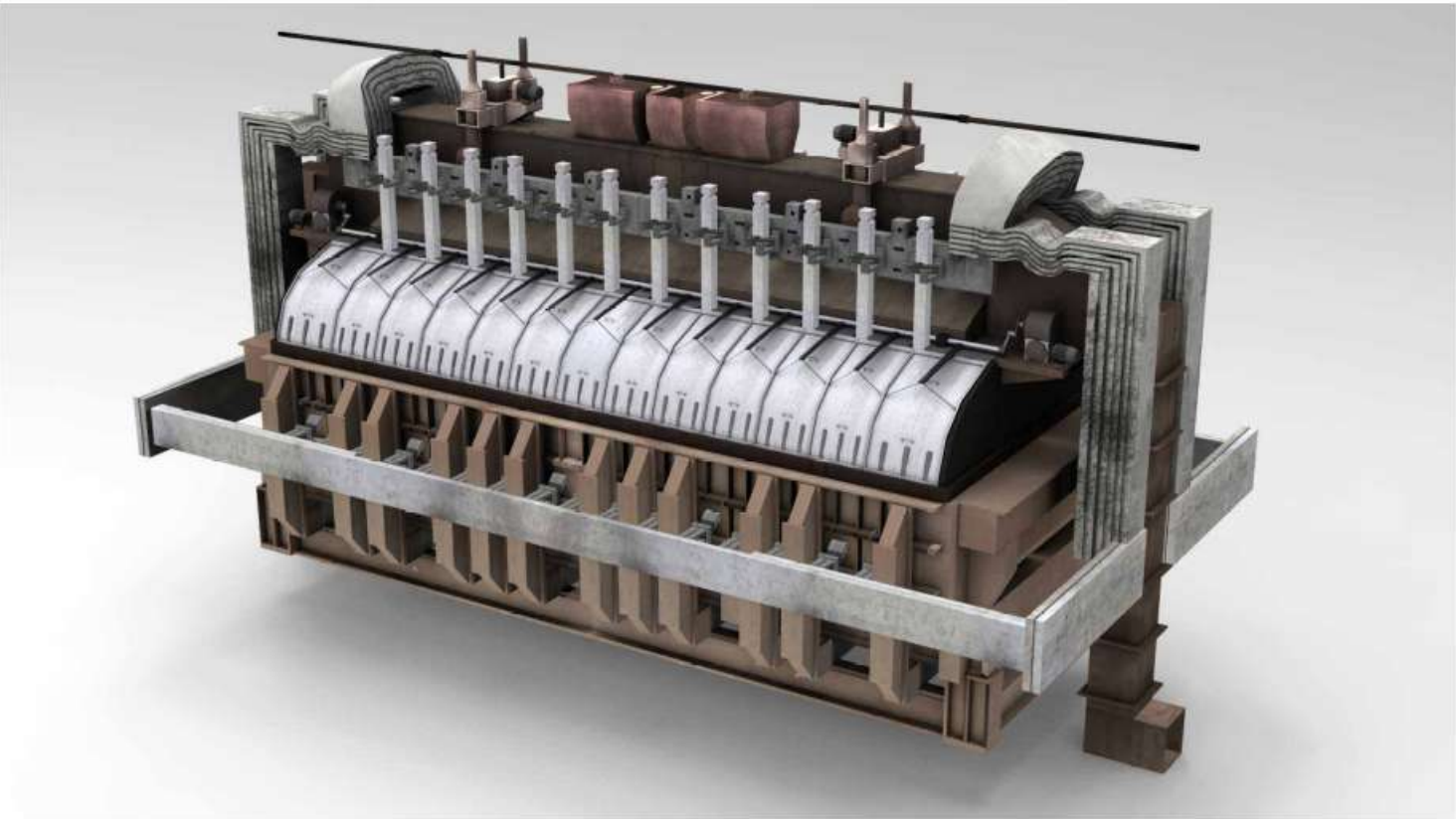


Сырье – гранулы диоксида гафния



Продукт – тетрахлорид гафния

Электролизеры: на примере электролизера получения чистых металлов



Универсальность:

Конструкция

укрытого электролизера для получения чистых металлов таких как: алюминия, магния, кальция, сплавов смеси редкоземельных металлов, позволяет обеспечить увеличение концентрации отходящих из электролизера анодных газов в отделение утилизации, что достигается герметизацией корпуса электролизера. Преимуществом технологии является возможность непрерывного получения чистого металла с минимальным количеством отклонений от технологического режима работы во время эксплуатации.

Уникальность:

Возможность работы с различными электролитами, а также возможность удалять побочные продукты электролиза. Строение анода позволяет снизить расход графитового материала, используемого в качестве анодов, и увеличивает срок службы анода. Конструкция анодной ошиновки способствует снижению потери электроэнергии.

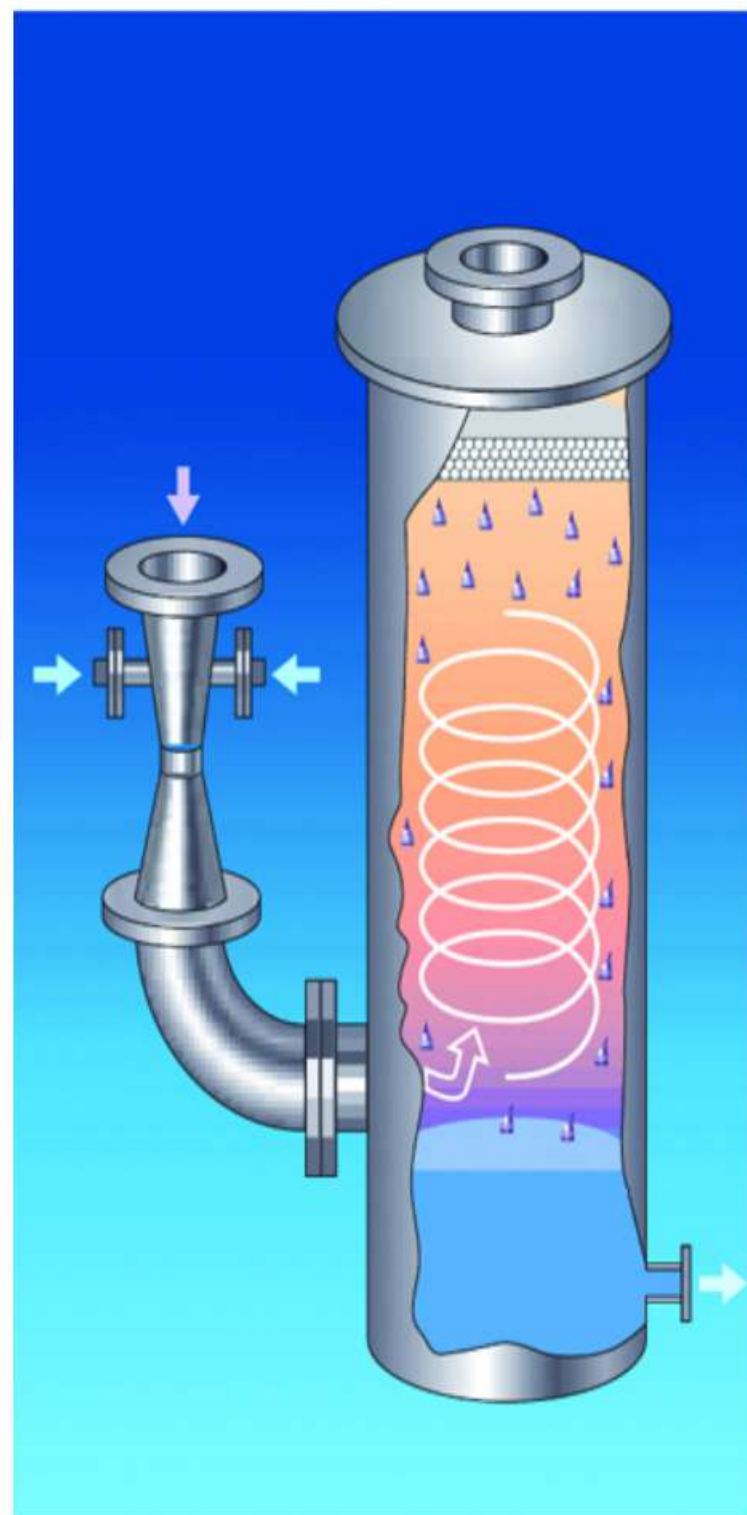
Технология:

Получение металла производится методом электролиза расплавленных солей. Принцип основан на восстановлении металла из расплава «собственной» соли при прохождении электрического тока. Электролизер имеет ряд преимуществ: получение металла высокой чистоты, конструкция электролизера обеспечивает полную эвакуацию отходящих анодных газов.

Характеристики	Значения
Тип	укрытый, конструкция полностью укрывает рабочую зону электролизера и исключает подсосы воздуха
Товарная продукция	обогащенный по кальцию 63 % медно- кальциевый сплав
Дополнительный продукт	на аноде выделяется хлор - газ, которых является сырьем для производства хлорида кальция
Показатель эффективности	электролиз обеспечивает выход по току более 73%
Сырье	«собственная» соль металла, оксид металла
Режим работы	непрерывный, с простоями для технического обслуживания
Рабочая температура процесса	650-750 °С
Габариты (ВхШхГ)	3750×2000×2500 мм

Машины и аппараты химических производств

Установки хлорирования: на примере хлоратора известкового молока



Технология:

Установка предназначена для получения насыщенного раствора хлорида кальция методом жидкофазного хлорирования известкового молока. Её конструкция обеспечивает возможность работы в непрерывном режиме, что повышает эффективность и стабильность процесса.

Универсальность:

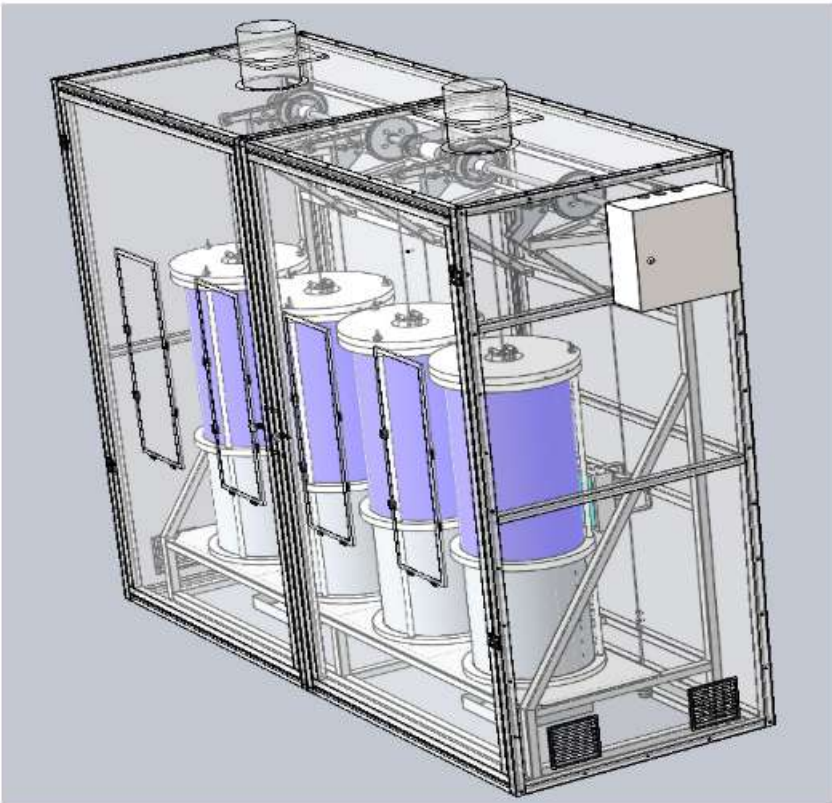
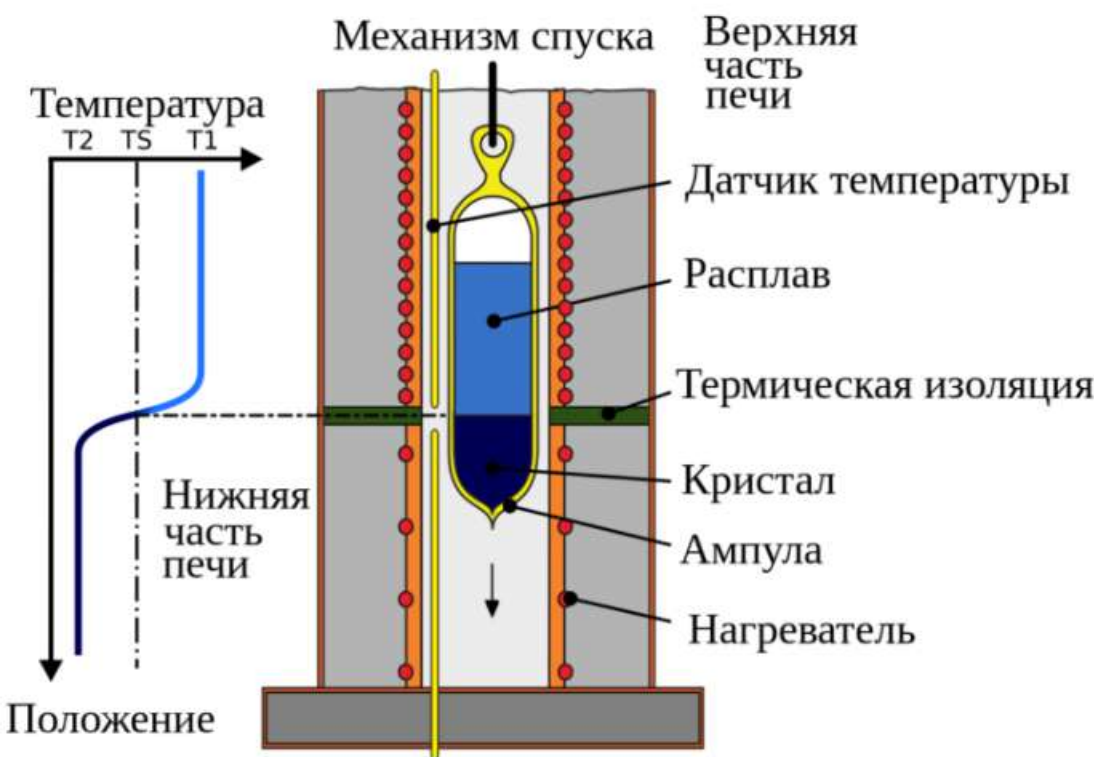
Исходным сырьем для аппарата данного типа могут выступать известковое молоко различной концентрации.



Характеристики	Значения
Товарная продукция	раствор хлорида кальция
Производительность	1,5 кг/ч по известковому молоку
Сырье	известковое молоко (концентрацией до 230 г/л CaO)
Производственный цикл	не более 8 часов
Режим работы	круглосуточный
Температура хлорирования	70-90 °C
Скорость подачи хлора	до 230 г/ч
Управление нагревом	по заданной программе и в ручном режиме
Масса	200 кг
Габариты (ВхШхГ)	3000×2000×800 мм

Нестандартное оборудование

Установки роста: на примере установки очистки/выращивания кристаллов галогенидов таллия и серебра



Преимущества:

Простота и экономичность процесса выращивания кристаллов, а также получение продукта с повышенным оптическим качеством.

Универсальность:

Этот процесс позволяет надежно получать монокристаллические слитки металлов, полупроводников, галогенидов щелочных и щелочноземельных металлов.

Технология:

Метод Бриджмена-Стокбаргера, или метод направленной кристаллизации, заключается в том, что через печь, имеющую различный градиент температур по длине, протягивается ампула с материалом (возможна конструкция неподвижного тигля и движущегося элемента печи).

Характеристики	Значения
Количество печей в одной раме	4 шт.
Массогабаритные характеристики выращенного кристалла	диаметр от 32 до 80 мм, длина от 200 до 300 мм, масса кристалла до 6 кг
Производственный цикл	1 неделя
Сырье	различные сырьевые материалы в зависимости от вида выращиваемого монокристалла
Нагрев	верхняя часть до 500 °С; нижняя часть от 100 до 300 °С
Радиальная равномерность температур	0,2 °С
Точность изменения температур	0,5 °С
Производительность	1 кристалл в неделю
Скорость перемещения (рабочая)	2 мм/час

Нестандартное оборудование

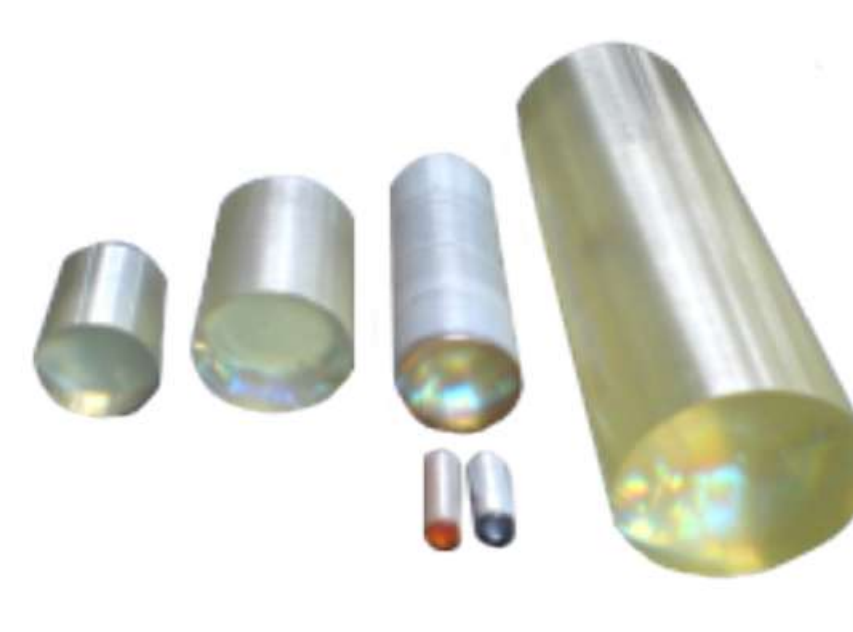
Установки роста: на примере установки очистки/выращивания кристаллов галогенидов таллия и серебра

Выращивание монокристалла проводят в емкости, размеры и форма которого определяют размеры и форму будущего кристалла. Ампула имеет заостренный конец для исключения образования большого числа зародышей.

Тигель с расплавом перемещается в печи из высокотемпературной области в низкотемпературную. В результате этого на дне конусообразного тигля начинается кристаллизация, и благодаря геометрическому отбору вырастает один монокристалл, имеющий форму сосуда.

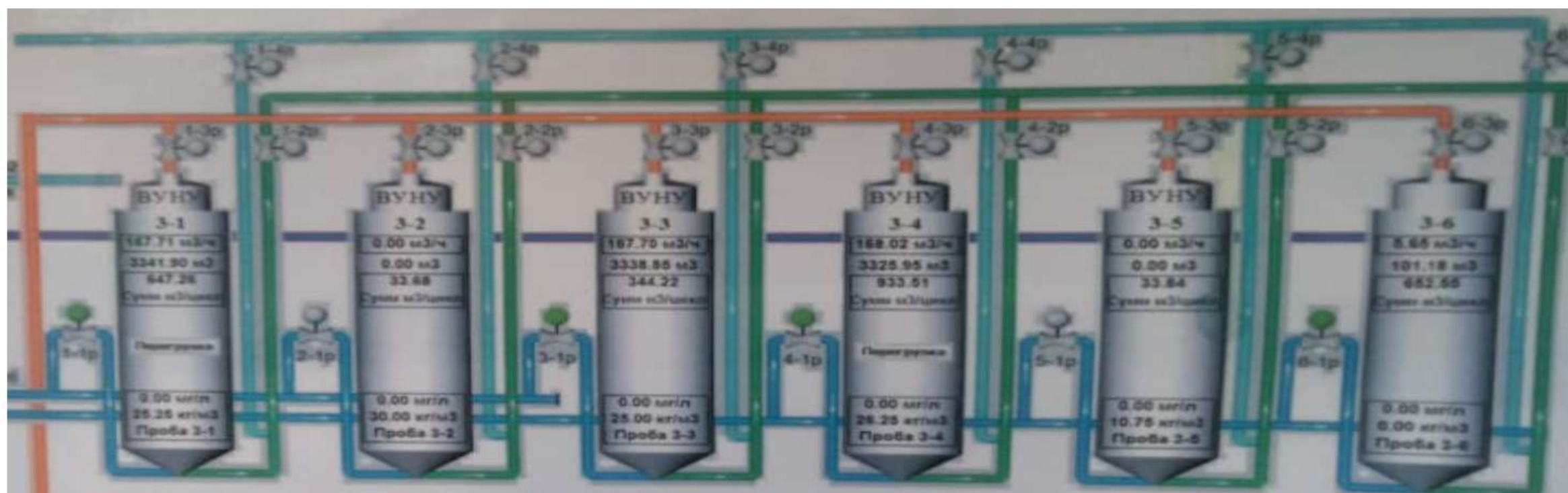
В ХТК реализованы печи роста монокристаллов галогенида таллия и серебра. При необходимости конструкцию печи можно спроектировать и изготовить под необходимые габариты.

Характеристики	Значения
Скорость перемещения (ускоренная)	3 мм/час
Управление	по заданной программе и в ручном режиме
Звуковая и световая индикация/сигнализация	да
Масса	550 кг
Габариты (ВхШхГ)	2110x845x2000 мм



Нестандартное оборудование

Оборудование переработки руд и концентратов: на примере установки сорбции урана из пульпы RIP (смола в пульпе)



Преимущества:

В связи с эффективностью технологии извлечения урана из растворов, аппараты с пневматическим перемешиванием получили широкое распространение в металлургии урана, редких и благородных металлов. На текущий момент это лучшее решение в процессе ионообменной сорбции пульпы.

Технология:

В технологии используется противоток смолы и пульпы для извлечения урана из рудной фракции. Технологическая схема состоит из непрерывного сорбционно-десорбционного цикла переработки пульпы в аппаратах, называемых «пачуками». Замкнутый контур состоит из комплекса химически стойких резервуаров, распределителя пульпы, грохотов, оборудования регенерации, системы управления и др.

Характеристики	Значения
Товарная продукция	U ₃ O ₈
Номинал общего расхода суспензии	до 1000 тонн/час
Сырье	измельченная фракция урановой руды в воде (пульпа)
Концентрация кислоты в исходном растворе	3,5 г/л
Режим работы	непрерывный, с простоями только для обслуживания
Количество ступеней RIP (стадий сорбции)	8
Размеры резервуаров	450 м ³
Время выдержки смолы	8 ч

Нестандартное оборудование

Производство реакторов: на примере автоклава высокого давления

Преимущества:

Лабораторные или исследовательские автоклавы работают при больших давлениях и температурах, но при этом остаются совершенно безопасными. Также к преимуществам относятся их мобильность, долговечность и химическая инертность корпуса.

Дополнительная система автоматического управления позволяет легко отслеживать процесс, минимизирует влияние человеческого фактора, а также фиксирует данные для дальнейшего анализа.

Технология:

Реакторы предназначены для проведения лабораторных исследований. Горячий пар воздействует на объект под высоким давлением.



Характеристики	Значения
Объем	до 1 л
Давление	до 200 бар
Температура	до 600 °С
Крутящий момент	до 100 Н*см
Тип мешалки	магнитная / верхнеприводная
Средство измерения	манометр
Клапан сброса давления	да
Нагревательный элемент	да
Масса	до 5 кг
Габариты (ВхШхГ)	400×200×200 мм

Изготовление изделий из кварцевого стекла



Кварцевое производство: на примере изготовления ампулы

Уникальность:

Химическая инертность это свойство, которое позволяет применять стекло из кварца в агрессивной химической среде. К уникальным свойствам относятся: высокая однородность, низкое поглощение света, устойчивость к высоким и низким температурам, сопротивление лазерному излучению высокой силы, непроводимость электрического тока, а также стойкость к ионизирующему излучению. Практически вся химическая посуда, которая применяется в лабораториях, производится из кварцевого стекла.

Технология:

Технология производства включает в себя несколько этапов: подготовка сырья, наплавление стеклянного блока и его дальнейшая обделка, стеклодувная работа, в т.ч. химическая обработка, отжиг.



Характеристики	Значения
Продукт	кварцевые реакторы, ампулы, конденсаторы, лабораторная посуда, сосуды, лодочки, комплектующие лабораторного нестандартного оборудования
Дополнительные услуги	ремонт кварцевых изделий, модернизация кварцевых изделий
Рабочий диапазон температур	от 20 до 1400 °C
Коэффициент теплового расширения	$5,5 \cdot 10^{-7}$ см/см*°C
Электропроводность	$1,5 \cdot 10^{-12}$ С/м
Коэффициент светопропускания	не менее 90%

Нестандартное оборудование

Научное технологическое оборудование: на примере вакуумного пресса для горячего прессования



Характеристики	Значения
Обрабатываемый материал	композит, металл высокой проводимости, керамические материалы карбида, нитрида кремния, карбида бора, материалы из порошков меди, железа, материалов на базе железа, материалов на основе сплава меди и железа
Температура обработки	2500 °С
Вакуум	$5 \cdot 10^{-3}$ Па
Давление пресса	50 тонн
Материал теплоизоляции	графит

Преимущества:

Преимуществом горячего прессования является возможность получения материалов и изделий с улучшенными свойствами (за счет увеличения плотности изделий). Изменение давления и температуры при прессовании также является дополнительным параметром регулирования микроструктуры изделий, за счет чего достигается увеличение прочности и эксплуатационного периода, уменьшение деформации при нагрузке.

Нестандартное оборудование

Изделия из композитных: на примере панелей, элементов корпусов, обтекателей, дек, столов



Лопасть

Уникальность:

У композитных материалов имеется ряд существенных преимуществ:

Высокая жёсткость и прочность при небольшом весе. За счёт этой особенности можно снизить массу конструкции при сохранении её прочности.

Стойкость к химическим воздействиям и коррозии. Невосприимчивость к коррозии и способность без последствий переносить химические воздействия обеспечивают более продолжительный срок службы изделий из композита.

Устойчивость к нагреву и термическая стабильность (в диапазоне от -50°C до $+120^{\circ}\text{C}$). Способность переносить нагрев без деформации или разрушения, низкий коэффициент теплового расширения — всё это делает изделия из композитных материалов отличным выбором для использования в условиях повышенных температур.

Характеристики	Значения
Предел прочности при растяжении	650-750 МПа
Ударная вязкость по Шарпи	105-108 кДж/м ²
Водопоглощение	0,84-0,94%
Плотность	1,48 г/см ³
Открытая пористость	1,26%
Термический коэффициент линейного расширения при температурах	$20-200^{\circ}\text{C} - 1,38-1,56 \cdot 10^{-6} \text{K}^{-1}$

Возможность создания изделий со сложной формой. Применение технологий производства композитных материалов позволяет создавать изделия с уникальным дизайном, реализовать практически любую конфигурацию.

Отличные диэлектрические качества. Это свойство востребовано в приборостроении и станкостроении — непроводящий электрический ток корпус станка или прибора позволяет исключить риск случайного поражения.

Возможность варьировать характеристики изделий. Выбор армирующих и связывающих компонентов, комбинация их в различных сочетаниях позволяют получить при производстве композитов продукцию с заданными уникальными свойствами, которые не встречаются в обычных материалах.



Корпус для шасси

Нестандартное оборудование

Изделия из композитных: на примере корпусов, панелей, элементов корпусов, обтекателей, дек, столов



Крыльчатка водяного насоса



Элементы корпуса
экспериментального образца аппарата
для близкофокусной терапии
онкологических заболеваний «ЛУЧ»



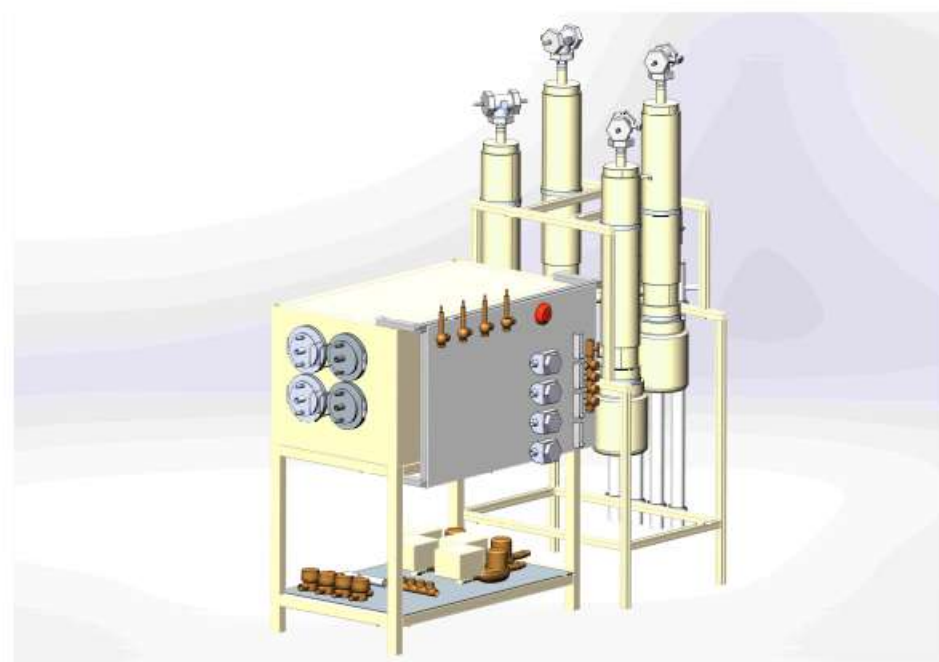
Столешница композитная
негорючая



Обтекатели летательных аппаратов

Машины и аппараты химических производств

Установки хлорирования: на примере установки хлорирования оксидов РЗЭ хлоридом аммония



Уникальность:

В конструкции печи используются особые конструкционные материалы, которые не корродируют в среде хлорида аммония, что позволяет получать безводные хлориды РЗМ высокой чистоты. Благодаря автоматизации процесс можно вести круглосуточно с минимальным участием персонала. Также к преимуществу относится единичное производство оборудования данного типа.

Универсальность:

Установка универсальна для разных редкоземельных оксидов благодаря возможности определения ключевых параметров процесса. Выходным продуктом могут быть соответствующие хлориды. Хлорид аммония является удобным, дешевым и безопасным хлорирующим агентом, а процесс хлорирования происходит при относительно низких температурах.

Технология:

Для процесса хлорирования используется смесь, состоящая из оксидов РЗМ и хлорида аммония (NH_4Cl). Хлорирование проводится в печи при температуре 200-400 °С. В процессе хлорирования образуется вода и аммиак, которые удаляются из объёма аппарата.

После процесса хлорирования температуру поднимают до 400-600 °С для удаления избытка NH_4Cl из зоны реакции.

Характеристики	Значения
Объем	до 1 л
Давление	до 200 бар
Температура	до 600 °С
Крутящий момент	до 100 Н*см
Тип мешалки	магнитная / верхнеприводная
Средство измерения	манометр
Клапан сброса давления	да
Нагревательный элемент	да
Масса	до 5 кг
Габариты (ВхШхГ)	400×200×200 мм

Высокотемпературные вакуумные печи

Высокотемпературные вакуумные печи: на примере печей дистилляции

Уникальность:

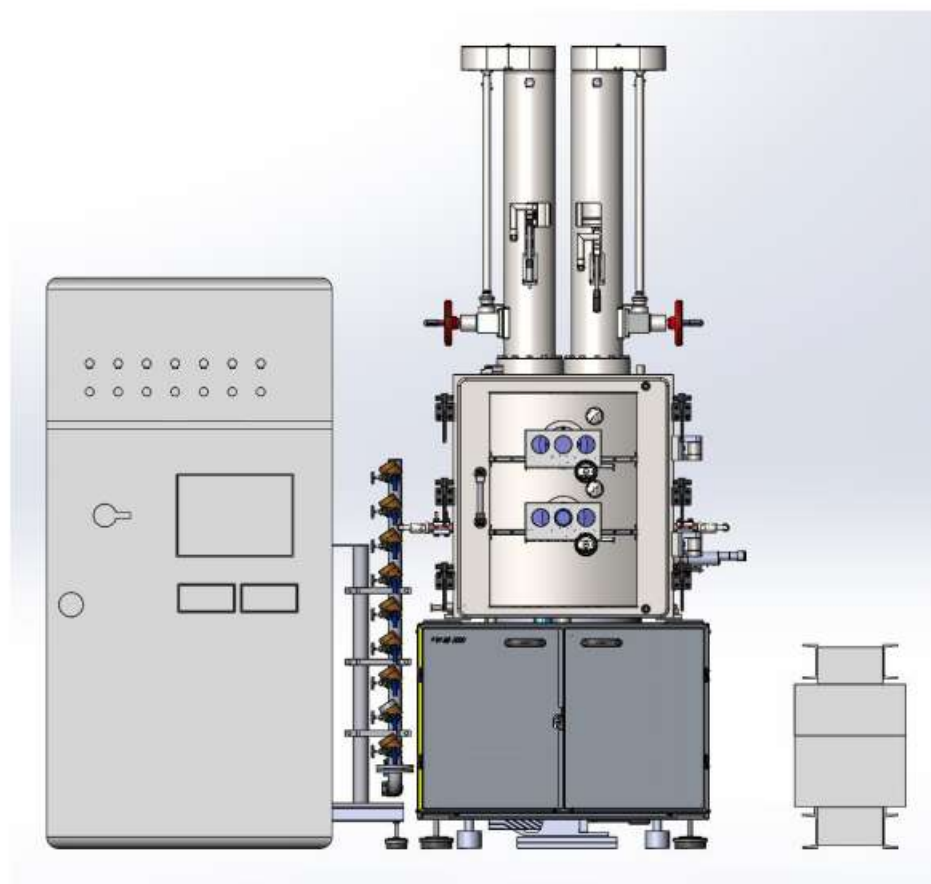
Инновационность технологии достигается за счет использования в конструкции печи нагревателей из композитного материала. Технология подразумевает необходимость измерения изменения массы сырья и продукта во время процесса.

Универсальность:

Метод дистилляции используют для очистки большинства РЗМ до уровня не хуже 99,99%. Этот метод эффективен для очистки металлов иттриевой подгруппы, иттрия и скандия. Входным продуктом являются «черновые» металлы (с примесями), выходной продукт — металл особой чистоты (дистиллят).

Технология:

Дистилляцию РЗМ проводят в высоком вакууме с резистивным нагревом. В печи происходит фракционное разделение основного продукта и легколетучих примесей, а тяжелолетучие примеси не возгоняются. За счет глубокого вакуума возможна очистка продукта от газовых примесей – кислорода, азота и др.



Высокочистый дистиллированный скандий

Характеристики	Значения
Товарная продукция:	дистиллят РЗМ до уровня 99,99%
Производительность:	не менее 500 г в сутки
Выход годного:	не менее 90%
Сырье:	черновые РЗМ (губчатый металл с примесями)
Вакуум:	10 ⁻⁶ мм.рт.ст.
Нагрев:	резистивный
Производственный цикл:	сутки
Режим работы:	периодический
Температура процесса:	до 2000 °С
Скорость нагрева:	до 20 °С/мин
Управление:	по заданной программе и в ручном режиме
Звуковая и световая индикация/сигнализация	да
Масса	2100 кг
Габариты (ВхШхГ)	3000×4000×3000 мм

Высокотемпературные вакуумные печи: на примере установки для выращивания монокристаллов методом

Чохральского



Преимущества:

Получение практически бездислокационных монокристаллов, имеющих плотность дислокаций менее 200 см⁻² и равномерное распределение в объеме легирующих примесей. Выращиваемые монокристаллы сохраняют постоянный диаметр слитков и имеют более ровную цилиндрическую боковую поверхность, что является важным параметром с точки зрения последующей калибровки, обработки и резки слитков. Пригодны для получения полупроводниковых сверхтонких пластин диаметром не менее 100 мм и толщиной менее 160 мкм.

Технология:

Выращивание монокристаллов производится в кварцевых тиглях большого диаметра путем вытягивания вверх монокристалла из расплава. В начале процесса в контакт с расплавом вводится ориентированная затравка, от которой начинается постепенный рост кристалла.

Особенность технологии состоит в подборе тепловых условий роста с высокой точностью нагрева исходного продукта. Комплекс вращательно-поступательных перемещений под вакуумом обеспечивает рост в требуемом кристаллографическом направлении. Печь имеет дополнительную возможность проведения процессов в атмосфере инертного газа, а также замкнутого оборота охлаждающей воды. Система управления выводит графики всех параметров процесса онлайн.

Характеристики	Значения
Товарная продукция:	дистиллят РЗМ до уровня 99,99%
Производительность:	не менее 500 г в сутки
Выход годного:	не менее 90%
Сырье:	черновые РЗМ (губчатый металл с примесями)
Вакуум:	10 ⁻⁶ мм.рт.ст.
Нагрев:	резистивный
Производственный цикл:	сутки
Режим работы:	периодический
Температура процесса:	до 2000 °С
Скорость нагрева:	до 20 °С/мин
Управление:	по заданной программе и в ручном режиме
Звуковая и световая индикация/сигнализация	да
Масса	2100 кг
Габариты (ВхШхГ)	3000×4000×3000 мм

Высокотемпературные вакуумные печи

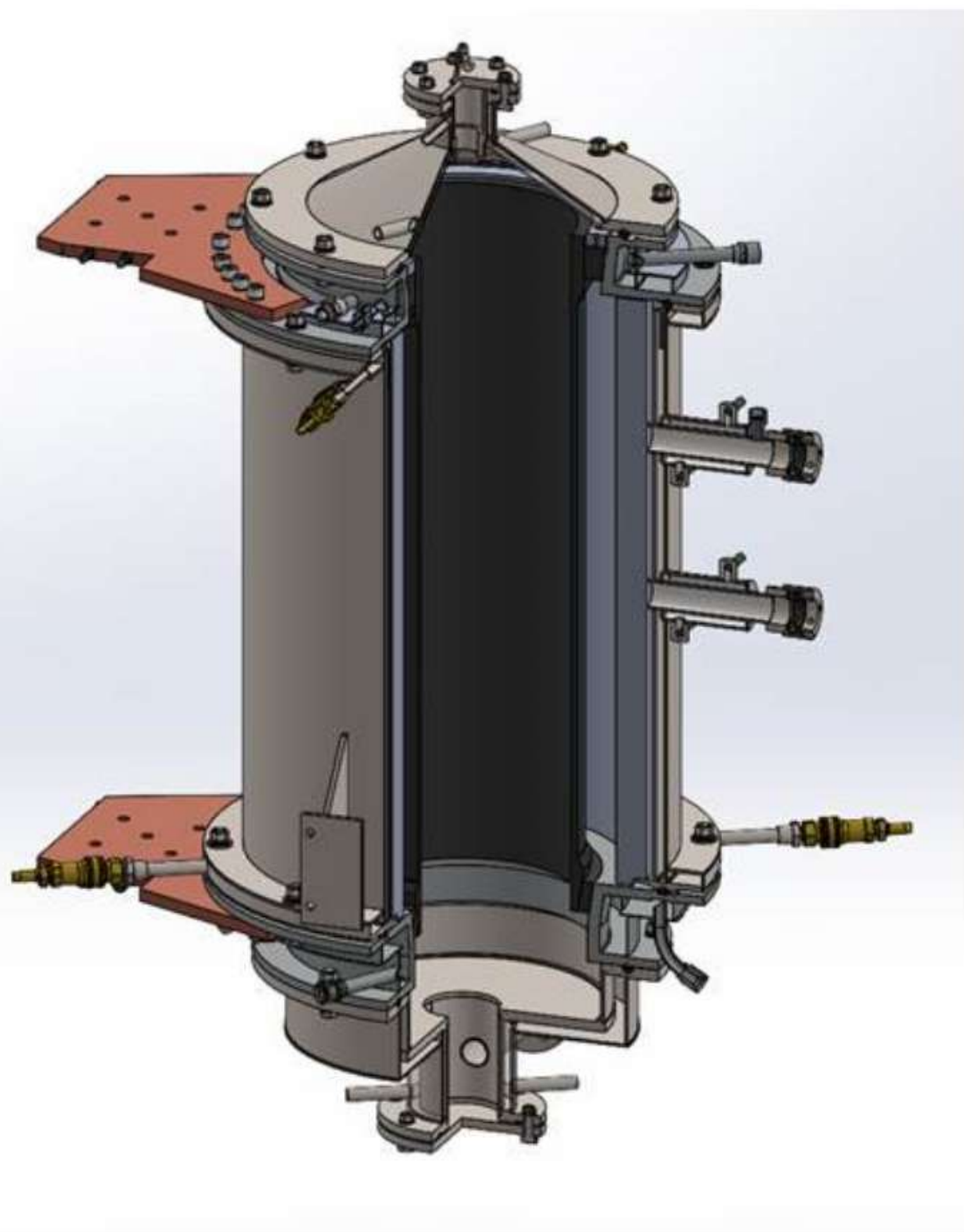
Высокотемпературные вакуумные печи: на примере печи ЭВП - 750

Универсальность:

Печи данного типа применяются при обработке углеродных материалов. Функциональные возможности установок позволяют осуществлять процессы обжига и пропитки металлами, в том числе силицирование.

Технология:

Принцип работы заключается в пропитке углеродных заготовок кремнием, для чего в объеме печи создается высокая температура и вакуум. Система вакуумирования защищает рабочую зону от различных примесей содержащихся в воздухе, также устраняет кислород для исключения процесса горения графитовых материалов. При достижении высоких температур материал пропитывается кремнием и происходит его силицирование.



Характеристики	Значения
Сырье	графит и кремний
Товарная продукция	силицированный графит
Объем	120 л
Вакуум	10^{-3} мм.рт.ст.
Температура процесса	до 2000 °C
Нагрев	резистивный
Производственный цикл	сутки
Режим работы	периодический
Управление	по заданной программе и в ручном режиме
Теплоизоляция	углеродный теплоизоляционный материал
Нагревательный элемент	графит
Масса	1000 кг
Габариты (ВхШхГ)	1725×1225×800 мм

Высокотемпературные вакуумные печи

Высокотемпературные вакуумные печи: на примере печи ЭВП - 1900

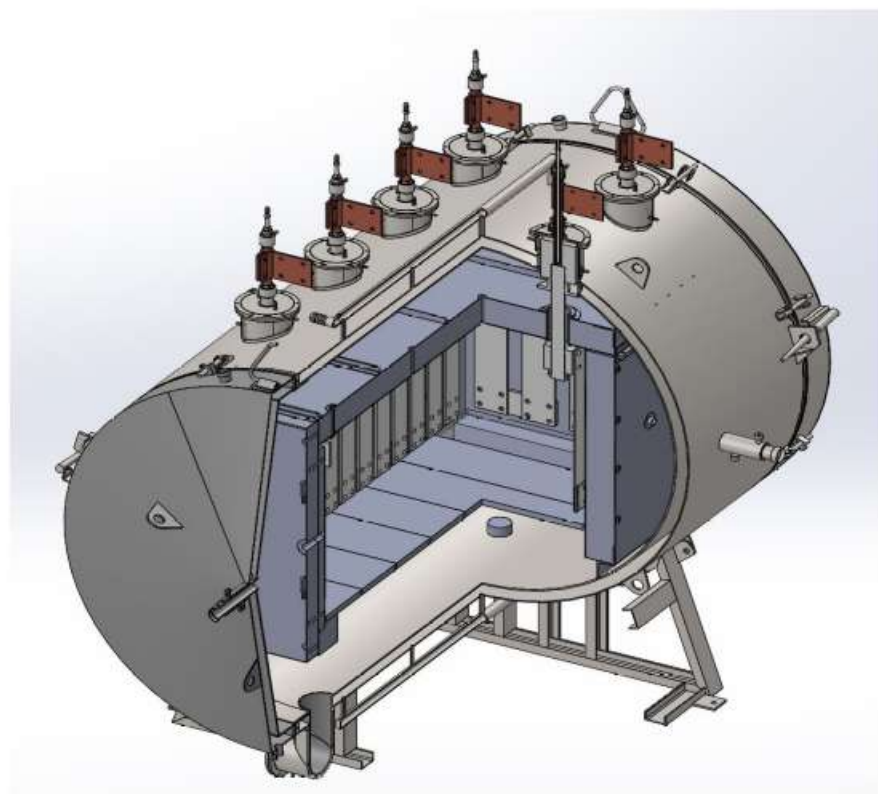
Уникальность:

Помимо высокотемпературной обработки углерод - углеродного композиционного материала, печь ЭВП-1900 способна проводить операции пиролитического уплотнения, что дает возможность создания новых продуктов и материалов, обладающих улучшенными эксплуатационными и термостойкими характеристиками (повышение плотности, снижение пористости, увеличение коррозионной стойкости и т.д.).

Технология:

1) Процесс включает пропитку пористого углеродного полуфабриката пеком и карбонизацию. Производится для создания более плотной и менее пористой структуры.

2) При объемном пироуплотнении процесс заключается в осаждении пиролитического углерода, образующего в процессе пиролиза природного газа в объеме углеродного материала.



Характеристики	Значения
Сырье	специальные углеродные заготовки, пек, природный газ / аргон / азот
Товарная продукция	углерод-углеродный композиционный материал
Объем	7000 л
Вакуум	10^{-3} мм.рт.ст.
Температура процесса	до 2200 °C
Нагрев	резистивный
Производственный цикл	от 3-х дней
Режим работы	периодический
Управление	по заданной программе и в ручном режиме
Теплоизоляция	углеродный теплоизоляционный материал
Нагревательный элемент	графит
Масса	4000 кг
Габариты (ВхШхГ)	2500×3800×2500 мм

Нагреватели, тепловые узлы, высокотемпературная оснастка

Комплектующие тепловых узлов: на примере нагревателей, теплоизоляции, высокотемпературной оснастки

Уникальность:

Нагреватели из углерод-углеродных композиционных материалов (УУКМ) обладают следующими свойствами: хорошая коррозионная стойкость, стойкость к тепловому удару, высокая механическая прочность, высокая химическая стойкость, высокая термостойкость, низкий коэффициент термического расширения, хорошая электропроводность и относятся к новым типам материалов. Работают в газовой восстановительной и нейтральной среде.

Универсальность:

Из УУКМ могут быть изготовлены следующие комплектующие:

- нагреватели различных формфакторов;
- тепловые экраны тепловых узлов;
- высокотемпературная оснастка при комплектации термического оборудования



Тепловой узел в сборе с нагревателями



Нагреватели и токоподводы



Этажерка из УУКМ для проведения высокотемпературных процессов

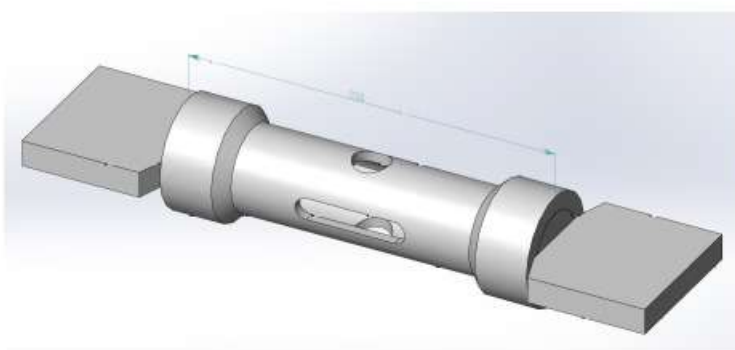
Характеристики материалов нагревателей и оснастки	Значения
Плотность	не менее 1,35 г/см ³
Удельное электросопротивление	10,0-13,0 мкОм/м
Зольность	не более 0,2
Предел прочности при изгибе	80 МПа
Предел прочности при сжатии	40 МПа
Температура термообработки	не менее 2000 °С
Коэффициент термического расширения параллельно направлению армирования, при 800 °С	$2,0 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Коэффициент термического расширения параллельно направлению армирования, при 1400 °С	$9,0 \times 10^{-6} \text{ 1/}^\circ\text{C}$
Коэффициент теплопроводности при 20 °С	30-50 Вт/(м×К)

Нагреватели, тепловые узлы, высокотемпературная оснастка

Комплектующие тепловых узлов: на примере нагревателей, теплоизоляции, высокотемпературной оснастки



Змеевиковый нагреватель



Трубчатый нагреватель



Специальная теплоизоляция



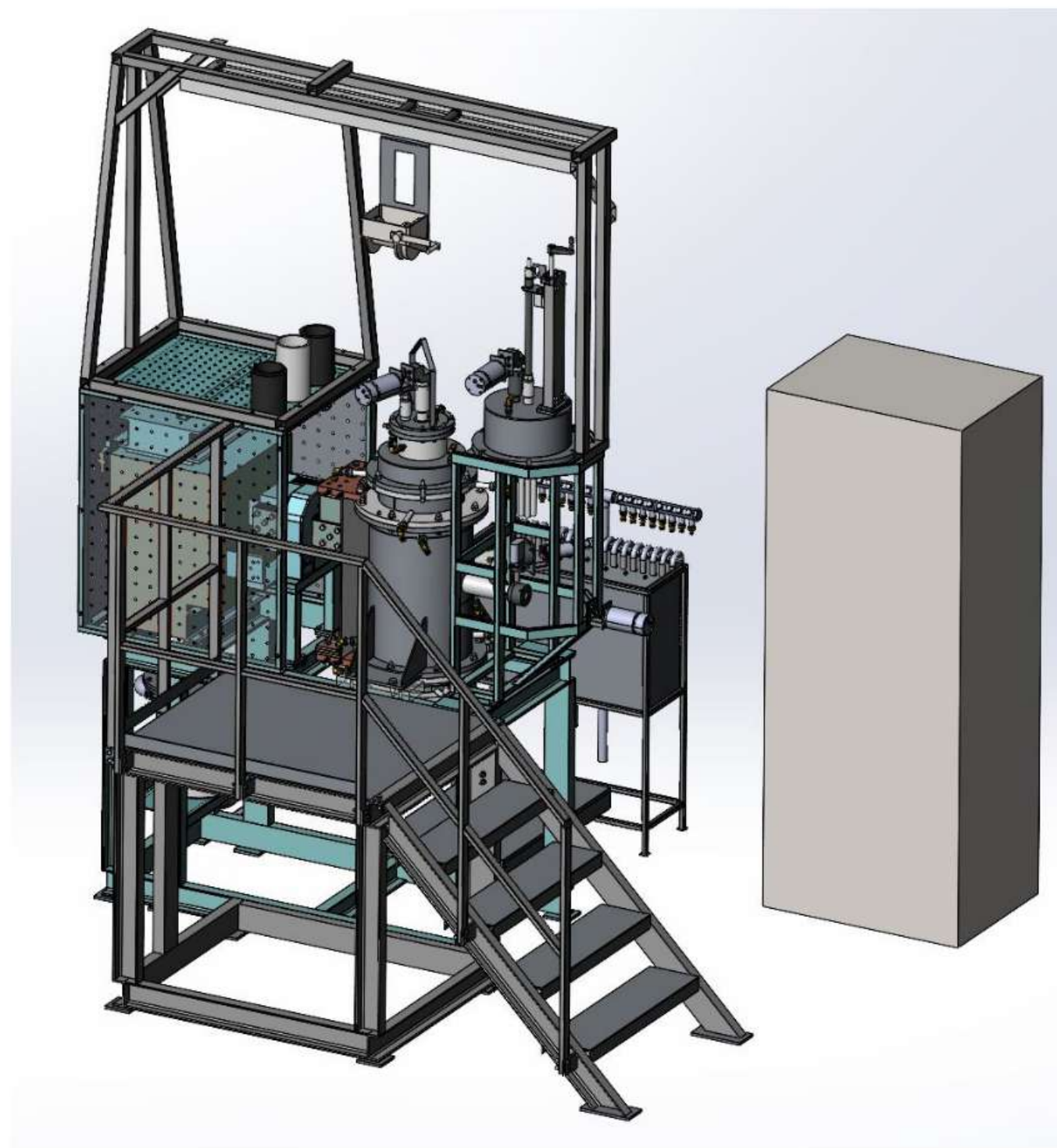
Змеевиком-трубчатый нагреватель



Тепловой экран с токоподводами

Характеристики теплоизоляционных материалов	Значения
Объемная плотность,	0,13 г/см ³
Содержание углерода , %	не менее 99,95
Пористость, %	85 %
Удельное электросопротивление, мкОм/м	$1,0 \times 10^{-3}$
Температура термообработки, оС	2100 (не менее)
Коэффициент термического расширения параллельно направлению армирования, при 0-2000 °С 1/°С	$1,5 \times 10^{-6}$
Коэффициент теплопроводности при 20 °С Вт/(м×К)	0,12

Высокотемпературные вакуумные печи: на примере установки исследования кинетики пропитки



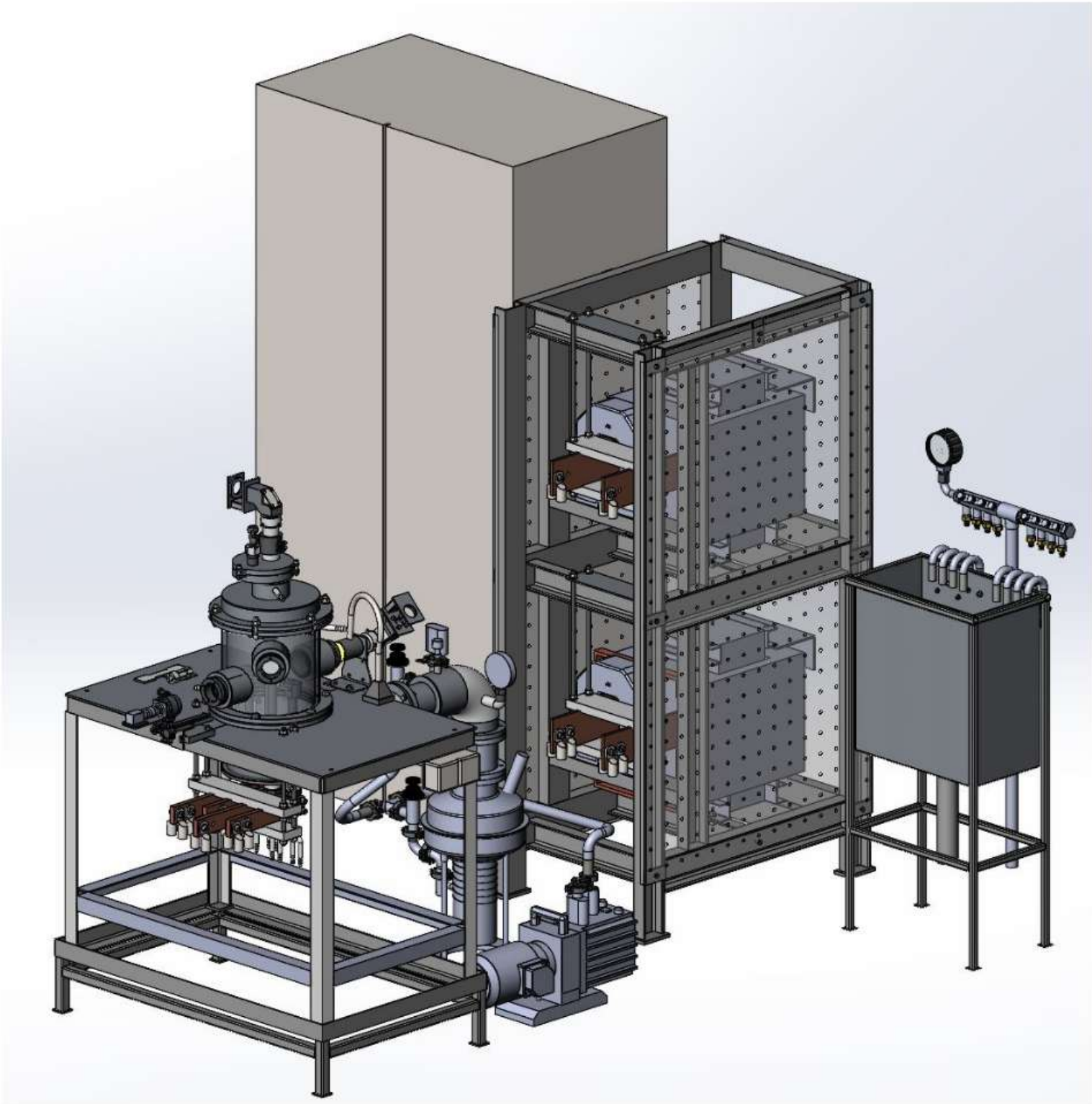
Уникальность:

Установка силицирования и исследования кинетики пропитки металлами и сплавами пористых углеродных основ и позволяет проводить уникальные исследования для создания материалов с новыми или заданными свойствами. Особая конструкция вакуумного узла ввода линейного перемещения позволяет проводить эксперименты даже при высоких температурах.

Также преимуществом является единичное производство оборудования данного типа.

Характеристики	Значения
Объект исследования	графит и кремний
Товарная продукция	кинетика взаимодействия исследуемых материалов
Объем	100 л
Вакуум	10 ⁻² мм.рт.ст.
Температура процесса	до 2100 °С
Нагрев	резистивный
Производственный цикл	сутки
Режим работы	периодический
Управление	ручное
Теплоизоляция	углеродный теплоизоляционный материал
Нагревательный элемент	графит
Масса	270 кг
Габариты (ВхШхГ)	1400×800×700 мм

Высокотемпературные вакуумные печи: на примере установки исследования кинетики смачивания и растекания

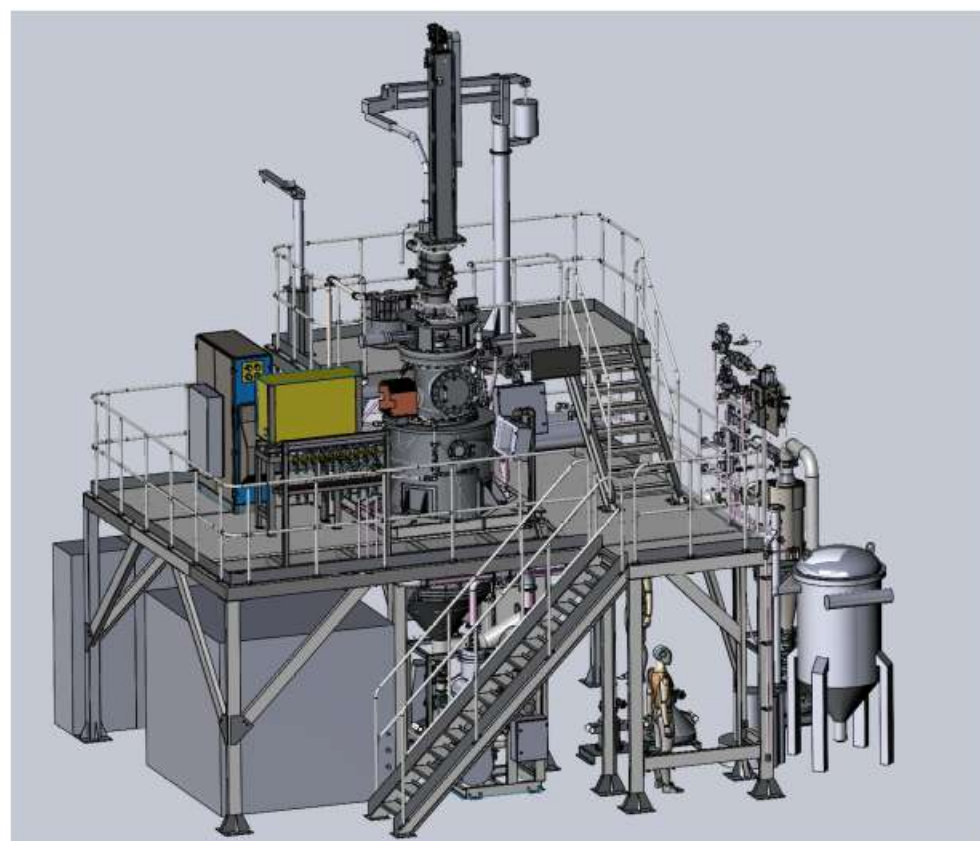


Уникальность:
Установка для исследования кинетики смачивания и растекания металлов по пористым углеродным основам является уникальной и позволяет проводить уникальные исследования для создания материалов с новыми или заданными свойствами. Особая конструкция нагревательного элемента совместно с условиями высокого вакуума позволяет проводить и осуществлять высокоскоростную запись экспериментов даже при экстремально высоких температурах. Также преимуществом является единичное производство оборудования данного типа.

Характеристики	Значения
Объект исследования	графит, кремний и др.
Товарная продукция	кинетика взаимодействия исследуемых материалов
Объем	22 л
Вакуум	5*10-7 мм.рт.ст.
Температура процесса	до 1900 °С
Нагрев	резистивный
Производственный цикл	сутки
Режим работы	периодический
Управление	ручное
Теплоизоляция	углеродный теплоизоляционный материал
Нагревательный элемент	графит
Масса	70 кг
Габариты (ВхШхГ)	1000×500×350 мм

Аддитивное оборудование

Установки получения порошков для аддитивных технологий: на примере Атомайзера получения порошков титановых сплавов



Уникальность:

Установка для исследования кинетики смачивания и растекания металлов по пористым углеродным основам является уникальной и позволяет проводить уникальные исследования для создания материалов с новыми или заданными свойствами. Особая конструкция нагревательного элемента совместно с условиями высокого вакуума позволяет проводить и осуществлять высокоскоростную запись экспериментов даже при экстремально высоких температурах. Также преимуществом является единичное производство оборудования данного типа.

Технология:

Установка работает как по технологии индукционной плавки электрода с распылением расплава форсункой свободного падения, так и по усовершенствованной (материалоеффективной) технологии с образованием перегретой струи расплава ускоряемой до высоких скоростей. Установка Атомайзер используется для получения мелкодисперсной фракции титановых сплавов, которые в дальнейшем применяются в качестве печатного материала в 3D-принтерах для изготовления точных изделий сложной конфигурации. К примеру:

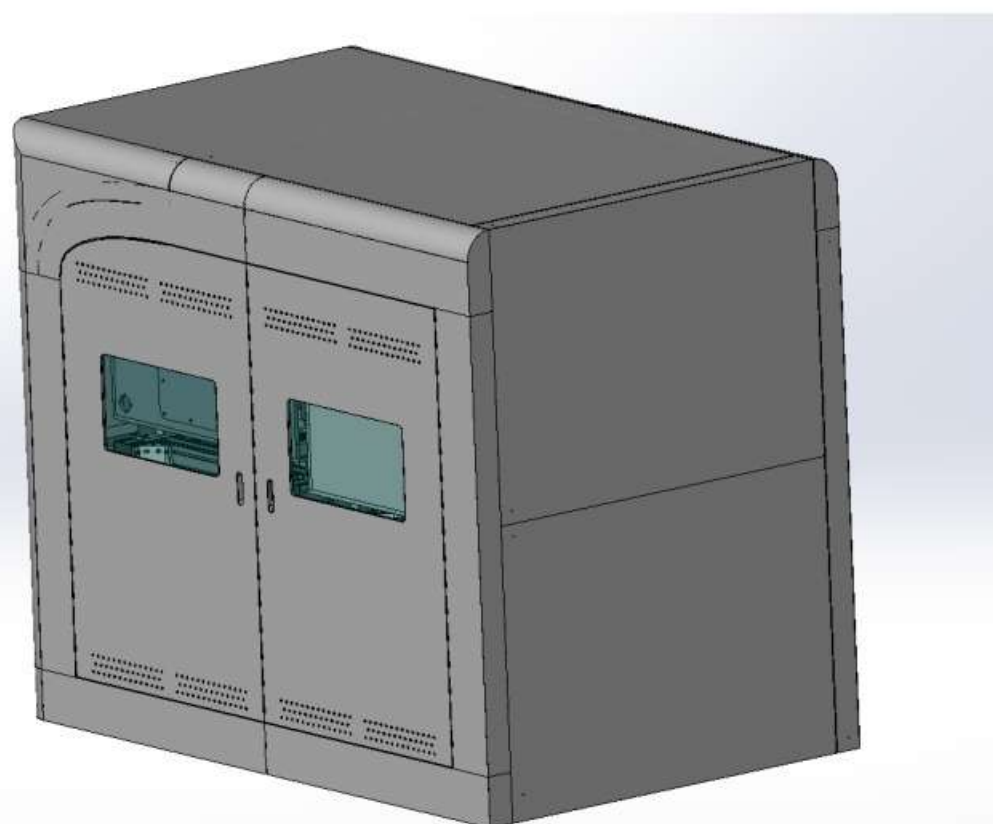
- фракции: 10-63, 20-45, 10-50, 20-63 мкм используются при селективном лазерном сплавлении;
- фракции: 40-150, 50-100, 20-120 мкм используются при прямом лазерном выращивании;
- фракции: 40-80, 50-80, 40-100 мкм используются при лазерной наплавке.



Характеристики	Значения
Сырье:	заготовка под распыление (диаметр до 120 мм, длина до 750 мм)
Рабочая среда	аргон
Расход газа	40 нм ³ /кг
Товарная продукция	порошки для аддитивных и МІМ-технологий (BT6, BT6с, BT6ч, BT1-0, BT1-00)
Средний размер частиц	50-70 мкм
Фракция от 20 до 80 мкм	не менее 50% от общей массы порошка
Содержание кислорода	700-2000 ppm
Производительность	до 50 тонн/год
Габариты (ДхШхВ)	7000×7000×8500 мм

Аддитивное оборудование

Принтеры 3D печати: на примере принтера карбидокремниевой керамики



Уникальность:

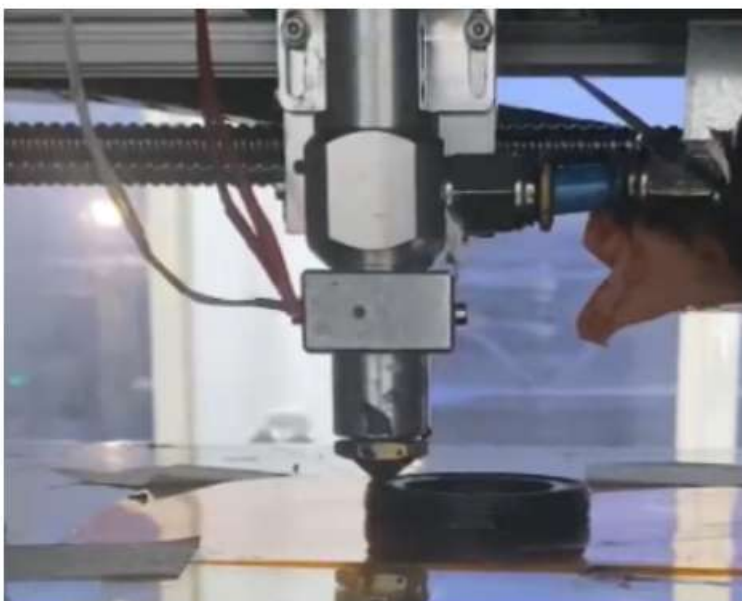
Данный принтер имеет особый подход в конструкторских решениях, используемых при компоновке и кинематике оборудования, а так же в блоках печатающих головок, увеличивающих точность печати изделий. Устройство, совмещает в себе два модуля для FDM/LDM печати и не имеет мировых аналогов. Позволяет печатать высоко нагруженные конструкционные детали, не доступные для изготовления традиционными способами.

Универсальность:

Принтер данного типа имеет возможность расширить продуктовую линейку керамических изделий на оксидную, неоксидную керамику, а также на композиционные материалы типа SiC_f / SiC_m .

Технология:

Модуль FDM/LDM содержит 2 печатающие головки. Печать изделий осуществляется методом экструзионного формования. Полимерная головка используется в случае необходимости создания поддерживающих конструкций, которые в последствии удаляются отжигом.



Характеристики	Значения
Технология печати	FDM/LDM
Количество печатающих головок	2 (FDM/LDM)
Скорость построения	150 (FDM/LDM) мм/с
Толщина слоя	100-500 мкм
Обогреваемый бак системы подачи смеси, диапазон нагрева	25 – 100 °C (FDM/LDM)
Рабочий стол с подогревом. Диапазон нагрева	25 – 200 °C (FDM/LDM)
Обогреваемая печатающая головка, диапазон нагрева	25 – 80 °C (FDM/LDM)
Диаметр сопла	0,8; 1,0; 1,2 мм (FDM/LDM)

Аддитивное оборудование

Принтеры 3D печати: на примере принтера полимеркомпозитных материалов

Уникальность:

Оборудование имеет два экструдера для изготовления дискретно-армированных и непрерывно-армированных полимеркомпозиционных материалов, мировых аналогов не существует. С применением жертвенных поддержек обладает возможностью изготовления армированных изделий, недоступных для изготовления традиционными FDM-принтерами. Благодаря применению высокотемпературной термокамеры возможно проводить постпечатную термообработку, что позволяет минимизировать отклонения геометрических размеров от заданной формы, снизить шероховатость поверхности и получить улучшенные термические и механические свойства.

Универсальность:

Принтер позволяет сократить сроки производства и стоимости изделий при мелкосерийном производстве, но в тоже время способен работать в круглосуточном непрерывном режиме работы системы.

Технология:

Объект создается путём расплавления и экструзии сырьевого материала через сопло 3D-принтера. Этот процесс заключается в послойном нанесении, где нить перемещается вдоль заданных координат, а расплавленный материал быстро застывает, формируя твёрдое тело.

Характеристики	Значения
Технология печати	FDM
Количество печатающих головок	2
Скорость построения	150 мм/с
Толщина слоя	100-3000 мкм
Обогреваемая печатающая головка, диапазон нагрева	до 350 °C
Диаметр сопла для дискретно-армированных полуфабрикатов	0,2-0,8 мм
Рабочий стол с подогревом. Диапазон нагрева	25-200 °C
Размер рабочей зоны	450×450×450 мм



Аддитивное оборудование

Принтеры 3D печати: на примере оборудования для аддитивного изготовления деталей

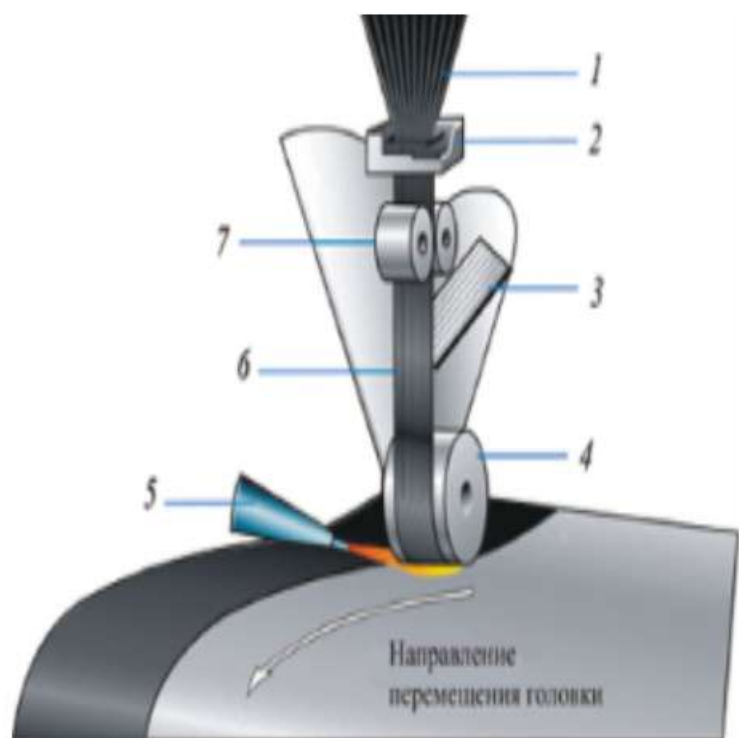


Уникальность:

Жгуты, лента могут быть уложены в любых заранее запрограммированных ориентациях и положениях, что позволяет адаптировать материал под параметры прочности и жёсткости различных частей конструкции.

Технология:

AFP (automatic fiber placement) – это технология сборки заготовок методом автоматизированной выкладки из нескольких узких лент препрега. Выкладка и намотка волокон происходит благодаря автоматизированной системе управления и специальному ПО, обеспечивая высокую производительность при обработке самых сложных композитных деталей. Машины совмещают преимущества технологий выкладки и намотки, что и позволяет получать изделия сложной формы.



- 1 — Волокна с контролируемым натяжением;
- 2 — Формирователь полосы (ленты);
- 3 — Нож с механизмом фиксации полосы;
- 4 — Прессующий ролик;
- 5 — Головка контролируемого нагрева;
- 6 — Полоса пропитанная связующим;
- 7 — Ролики подачи и натяжения полосы.

Характеристики	Значения
Скорость сварки	0,4 м/сек
Равномерность сварочного шва	да
Перегрев ленты	отсутствует
Ширина ленты	6,35 - 12,7 мм



Робототехнический комплекс намотки и выкладки армированной термопластичной ленты

Электротехнические продукты

Электротехническое оборудование на примере: разработки схемных решений и конструктивов шкафов систем управления нестандартным технологическим оборудованием

Шкаф управления (ШУ) электровакуумной печью выполнен на основе температурного ПИД-регулятора. Для отображения и регистрации электрических и технологических параметров в шкафу предусмотрены электрощитовые приборы (индикация тока, напряжения, давления, температуры) и цифровой регистратор.

На шкафу предусмотрены органы управления исполнительными механизмами установки, а так же кнопка аварийного отключения. Реализован автоматический и ручной режим ведения технологического процесса. При аварийных ситуациях, предельных режимах работы оборудования, а так же при включении резервного источника питания активируется свето-звуковая сигнализация. Ввод контрольных и силовых кабелей в ШУ выполнен через герметичные мембранные каналы, что обеспечивает степень защиты оболочки IP54.



Электротехнические продукты

Электротехническое оборудование на примере: печи вакуумной дистилляции редкоземельных металлов на базе программируемого логического контроллера

Шкаф управления печи вакуумной дистилляции выполнен на основе программируемого логического контроллера. Для отображения, регистрации электрических и технологических параметров, управления исполнительными механизмами установки, ведения технологического процесса, отображения графиков технологических и электрических величин, ведения журналов аварий и событий используется панельный программируемый логистический контроллер (ПЛК) с сенсорным экраном 15". На шкафу предусмотрена свето-звуковая колонна, сигнализирующая об аварийных ситуациях, ситуациях требующих внимания оператора и нормальном режиме работы.

Для разделения силовых цепей и цепей ПЛК ШУ выполнен для двухстороннего обслуживания. С одной стороны располагается отсек контроллера и цепей ввода/вывода, с другой стороны – силовой отсек тиристорного регулятора мощности и силовых цепей исполнительных механизмов.

При не снятом напряжении главной цепи в шкафу реализована блокировка двери силового отсека. При открытых дверях любого из отсеков ШУ срабатывает блокировка работы на установке в целом. Для аварийного останова технологического процесса предусмотрена кнопка аварийного отключения установки.

Для контроля и поддержания необходимой температуры в шкафу предусмотрены приточные вентиляторы и термостаты, а так же датчики контроля температуры (с выводом показаний на панель контроллера) в каждом отсеке шкафа. Ввод контрольных и силовых кабелей в шкаф выполнен через герметичные уплотнения, что обеспечивает степень защиты оболочки шкафа IP54.

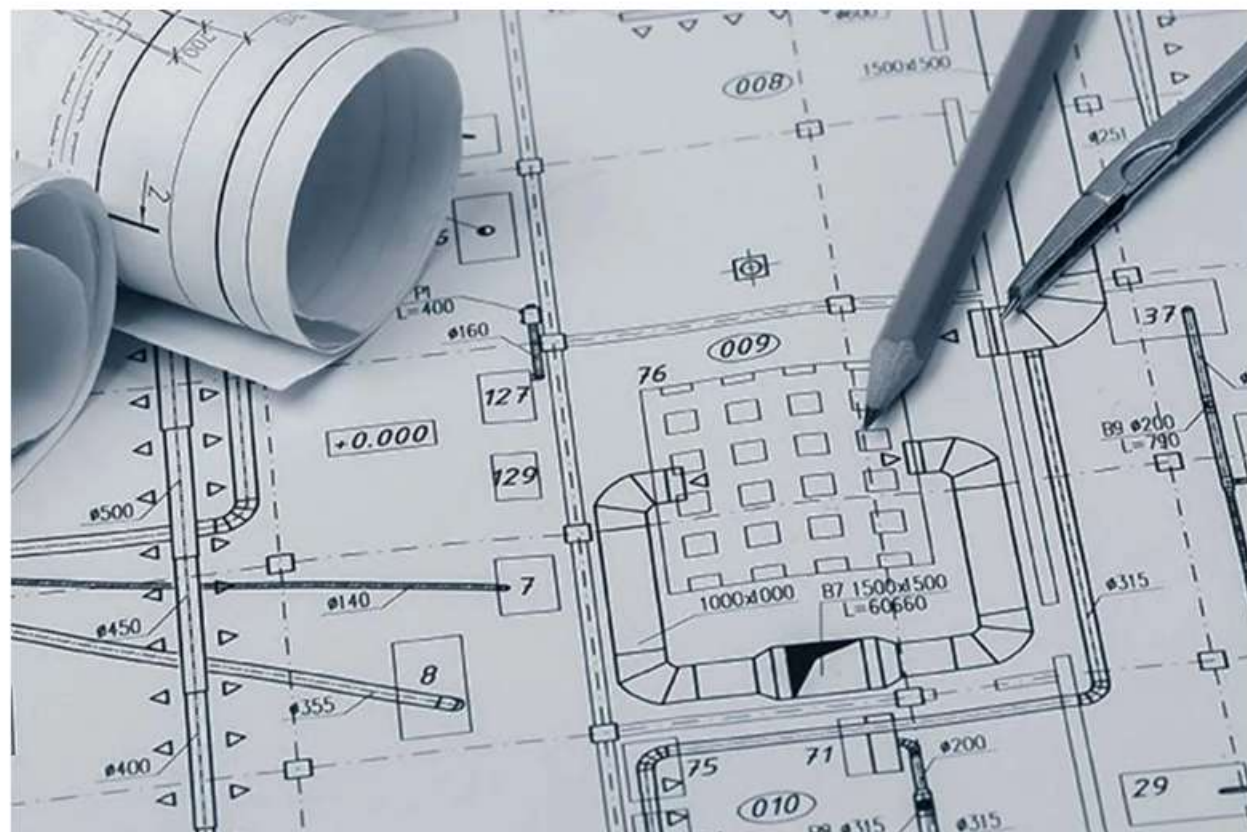




НИИГРАФИТ | ГИРЕДМЕТ

Электротехнические продукты

Электротехнические услуги: на примере разработки КД АСУ ТП



Разработка конструкторской документации по автоматизации действующих установок и технологических участков в части АСУ ТП по ЕСКД на основании предоставленной технологии.

Электротехнические услуги: на примере разработки РКД модернизации АСУ ТП



Разработка рабочей конструкторской документации по модернизации существующих технологических процессов и установок в части АСУ ТП по ЕСКД.

Электротехнические услуги: на примере предпроектного обследования существующих технологических процессов



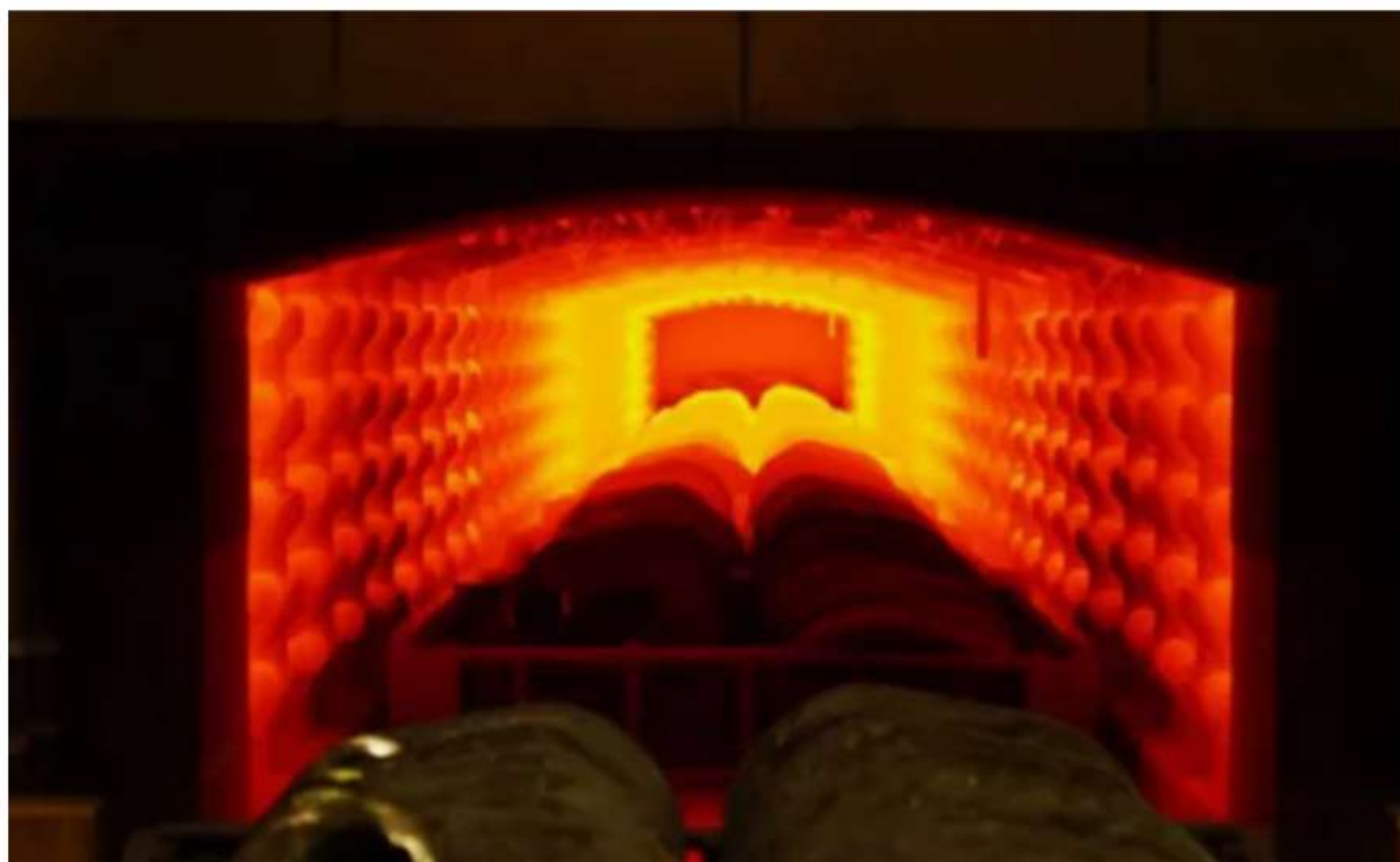
Предпроектное обследование существующих технологических участков, установок и их модернизация в части АСУ ТП: замена устаревших или вышедших из строя исполнительных механизмов, пускорегулирующей аппаратуры, замена релейно-контактной логики на микропроцессорную с выводом информации на панель оператора, разработка конструктивов шкафов и пультов управления на требуемой элементной базе.

РОСАТОМ **Высокотемпературные вакуумные печи**

НИИГРАФИТ | ГИРЕДМЕТ

Дополнительные услуги для высокотемпературных печей и установок:
на примере системы внутреннего и наружного видеонаблюдения

Большинство высокотемпературных печей и установок могут быть оснащены системой видеонаблюдения за происходящим процессом. Термостойкая телевизионная аппаратура позволит дистанционно непрерывно наблюдать за необходимыми объектами. Обзор возможен благодаря использованию системы охлаждения и специального кожуха максимально отражающего тепловое излучение.

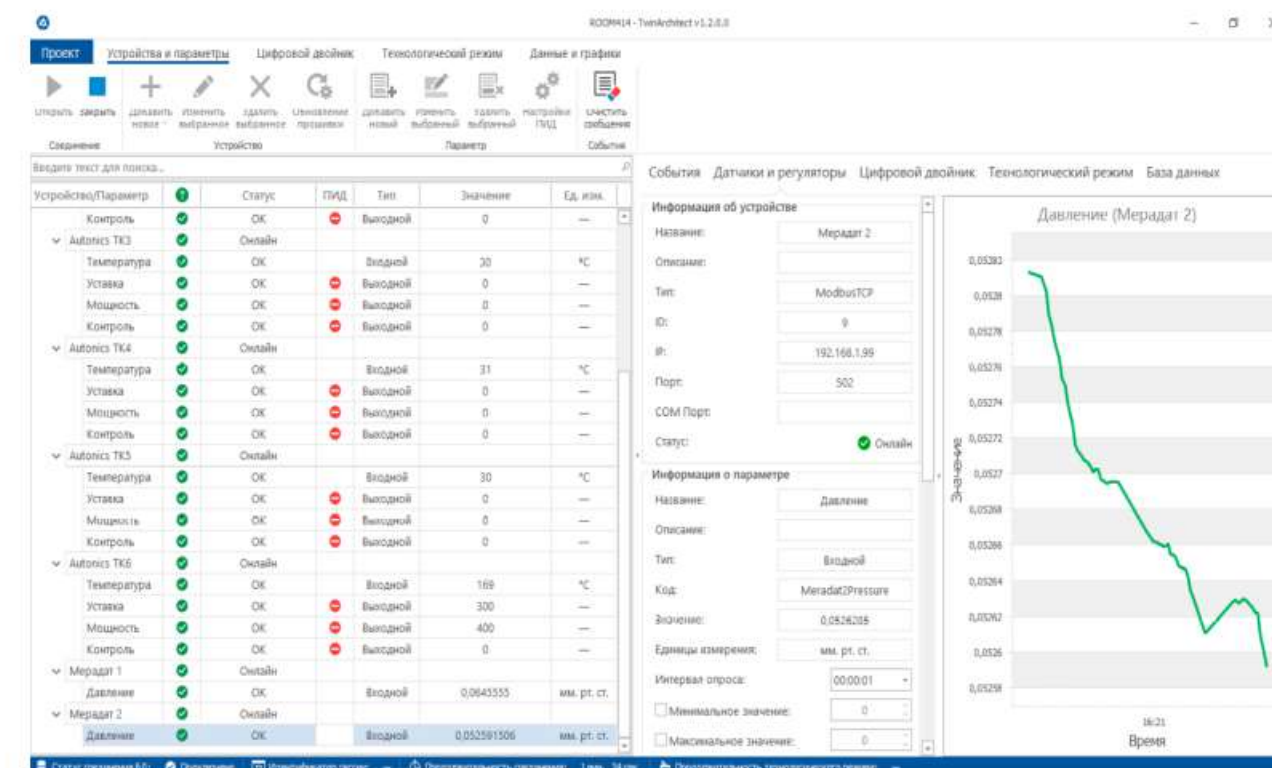
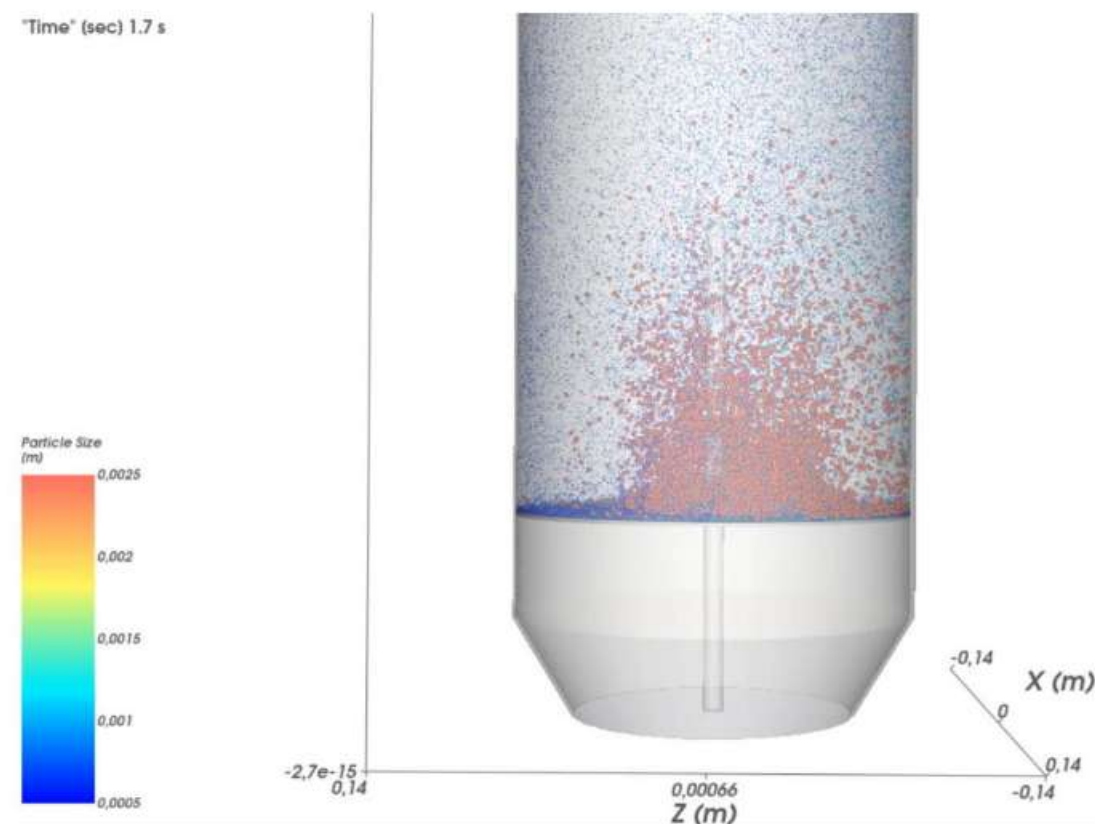
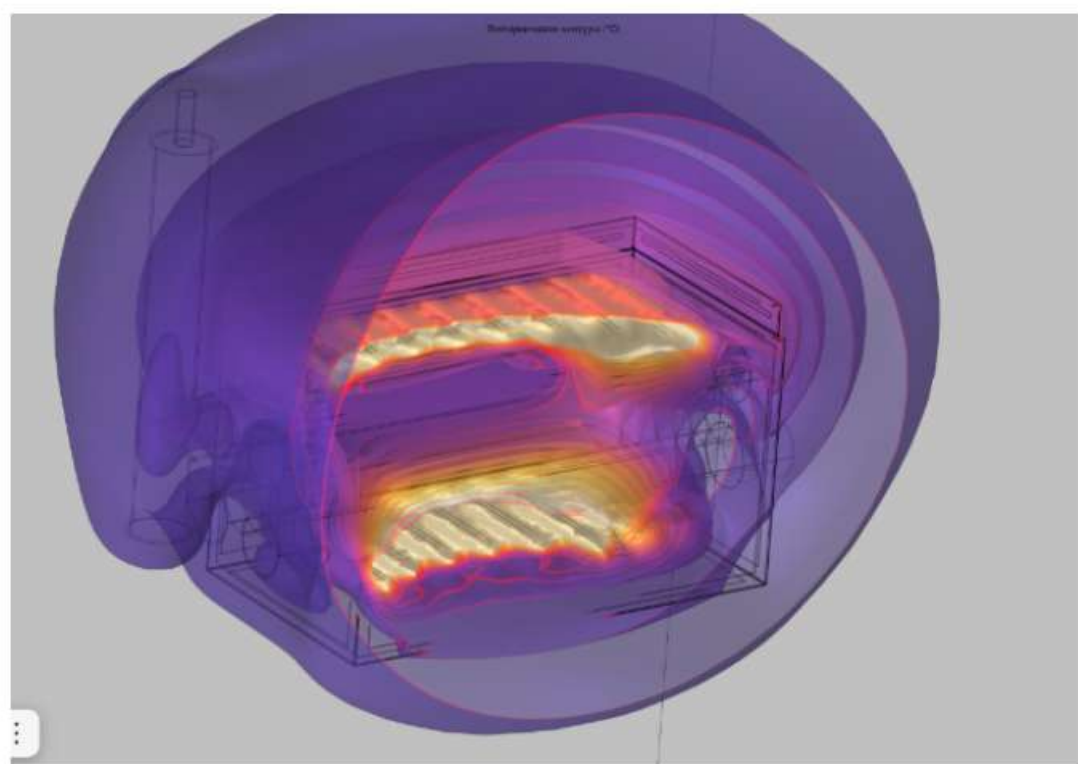


Цифровые продукты

Цифровизация на примере: разработки технологии и получение исходных данных на проектирование опытно-промышленных установок и технологических участков с использованием CAD/CAE систем установки хлорирования диоксида гафния

Цифровое моделирование позволяет выявить на этапе тестов в виртуальной среде технологические недостатки и изъяны конструкции, что уменьшает дефекты во время фактического производства, сокращает время на разработку. ХТК имеет собственную разработанную систему для управления цифровыми моделями химико-технологических установок, которая нацелена на построение цифровых двойников производственных установок, решение задач оптимального управления протеканием химического процесса с варьируемым числом элементарных стадий.

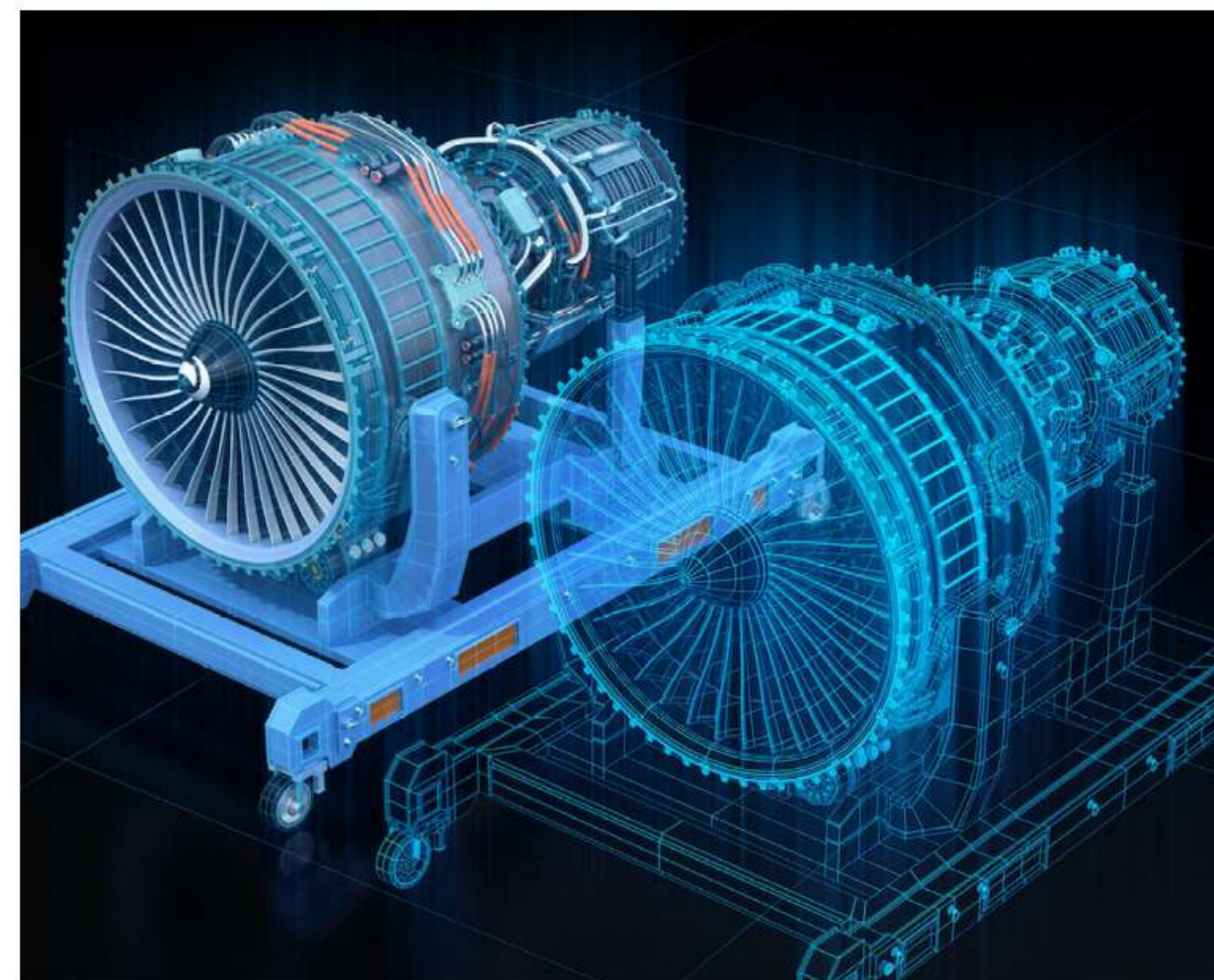
Вся информация, начиная с чертежей и технологии производства и заканчивая правилами техобслуживания и утилизации, будет оцифрована и доступна для считывания устройствами и людьми. Цифровой двойник предоставляет возможности в реальном времени управлять всеми факторами, влияющими на стоимость и качество продукта ещё до начала его производства.



Цифровые продукты

Цифровизация на примере: автоматизации и цифровизации действующих установок и технологических участков

Цифровые двойники — это мощный инструмент для анализа данных в режиме реального времени. Они помогают оптимизировать технологические процессы, что, в свою очередь, снижает эксплуатационные расходы. Цифровые двойники автоматизированного оборудования защищают его от аварийных ситуаций, увеличивая срок службы до капитального ремонта. Более того, они прогнозируют износ составных частей и позволяют заранее планировать диагностическое обслуживание, что, в свою очередь, снижает амортизационные отчисления.



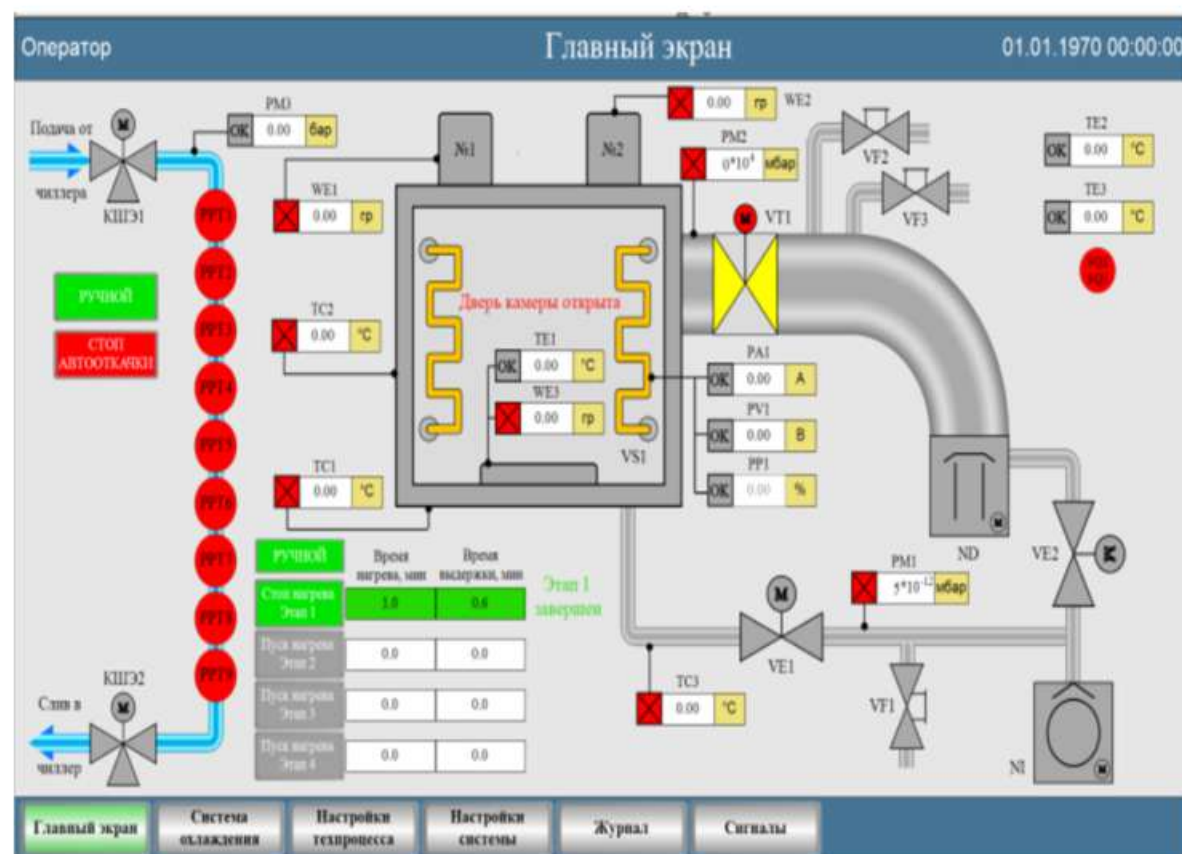
Цифровизация на примере: модернизации существующих и технологических процессов

Экспертиза существующих технологических участков, установок и их модернизация с целью повышения производительности. Обоснование результатов данными математического моделирования.

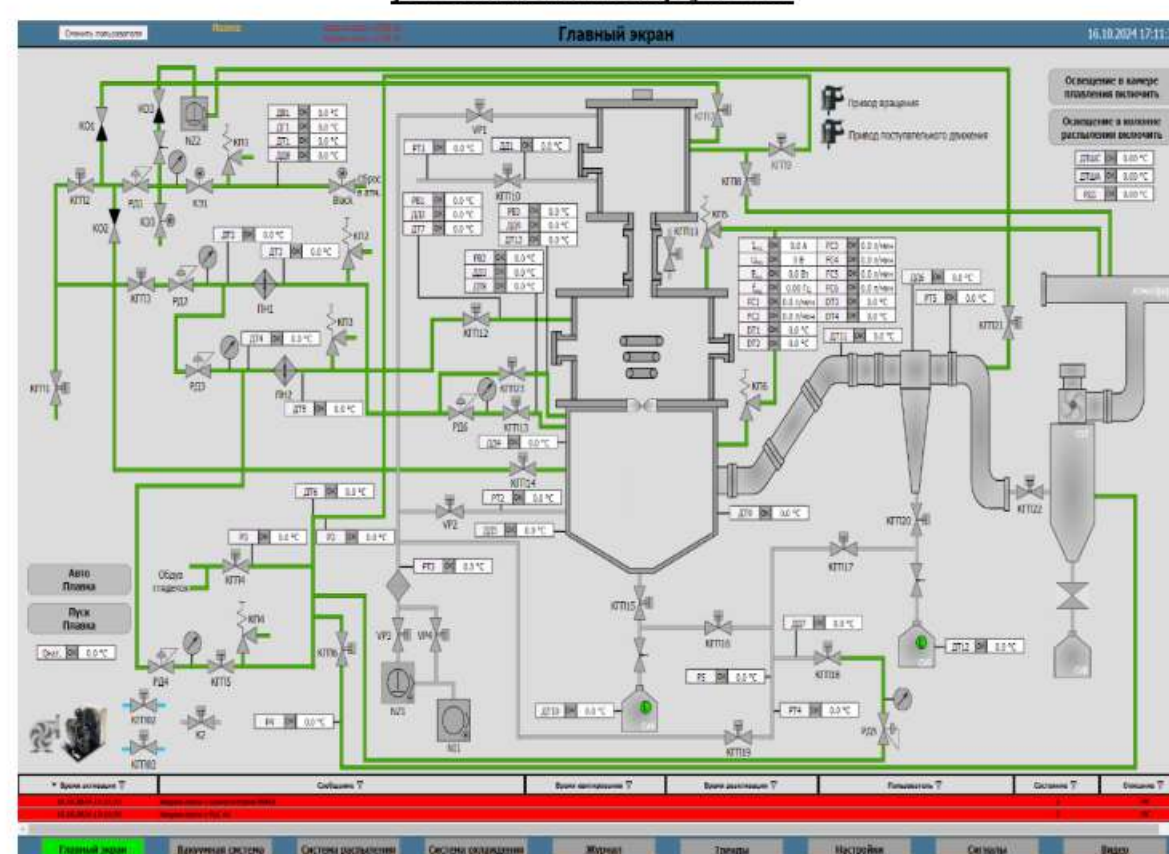
Разработка программного обеспечения

ХТК обладает компетенциями в проектировании и разработке программного обеспечения начиная от идеи и пожеланий Заказчика до непосредственного внедрения в производственный процесс предприятия. Разрабатываемые программные средства характеризуются прикладным характером и направлены на решение проблем, возникающих в технологических процессах и напрямую влияющих на их экономическую и временную эффективность. Мы готовы предложить разработку и модернизацию систем автоматического управления (САУ) установок любой сложности, согласно вашему ТЗ или ТЗ, разработанному совместно со специалистами нашего предприятия. Также наши специалисты осуществляют разработку АСУ ТП.

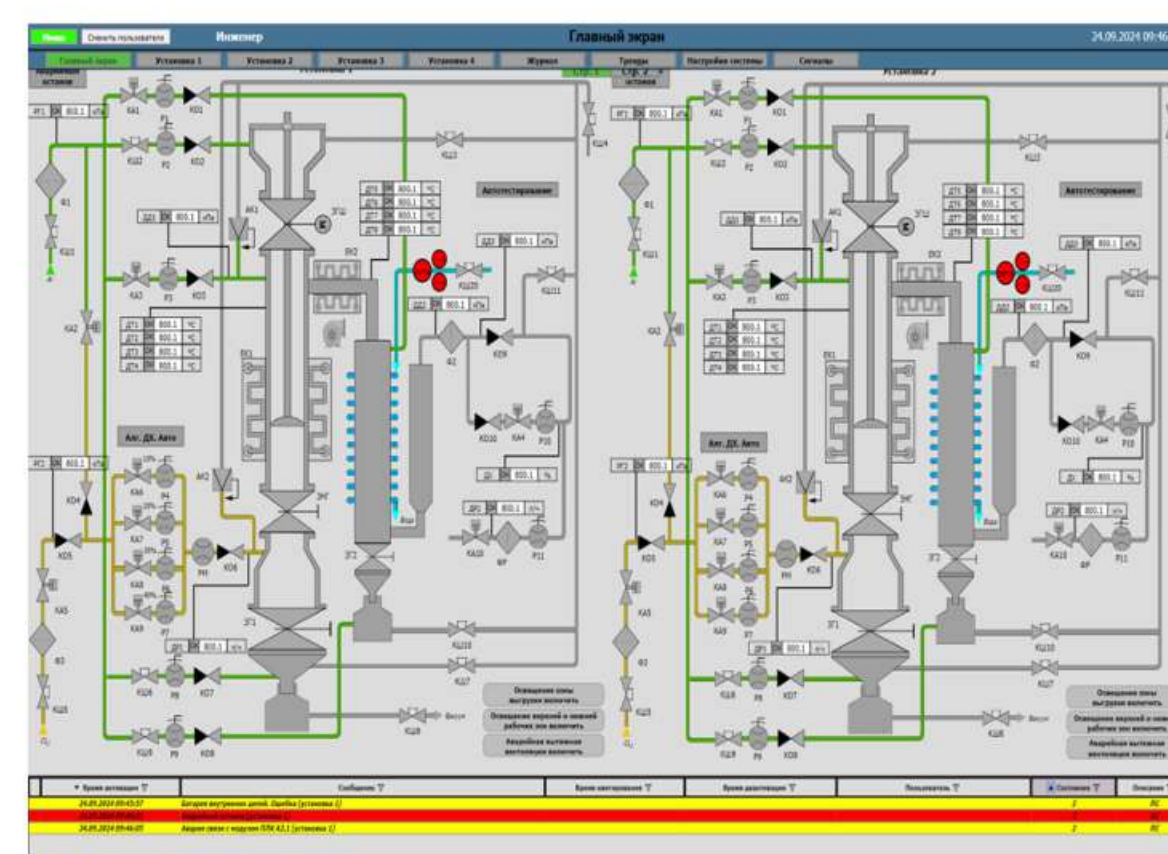
ПО на примере: мнемосхемы вакуумной печи дистиляции РЗМ



ПО на примере: визуализации системы управления установки получения сферических порошков титановых сплавов методом газowego распыления прутков



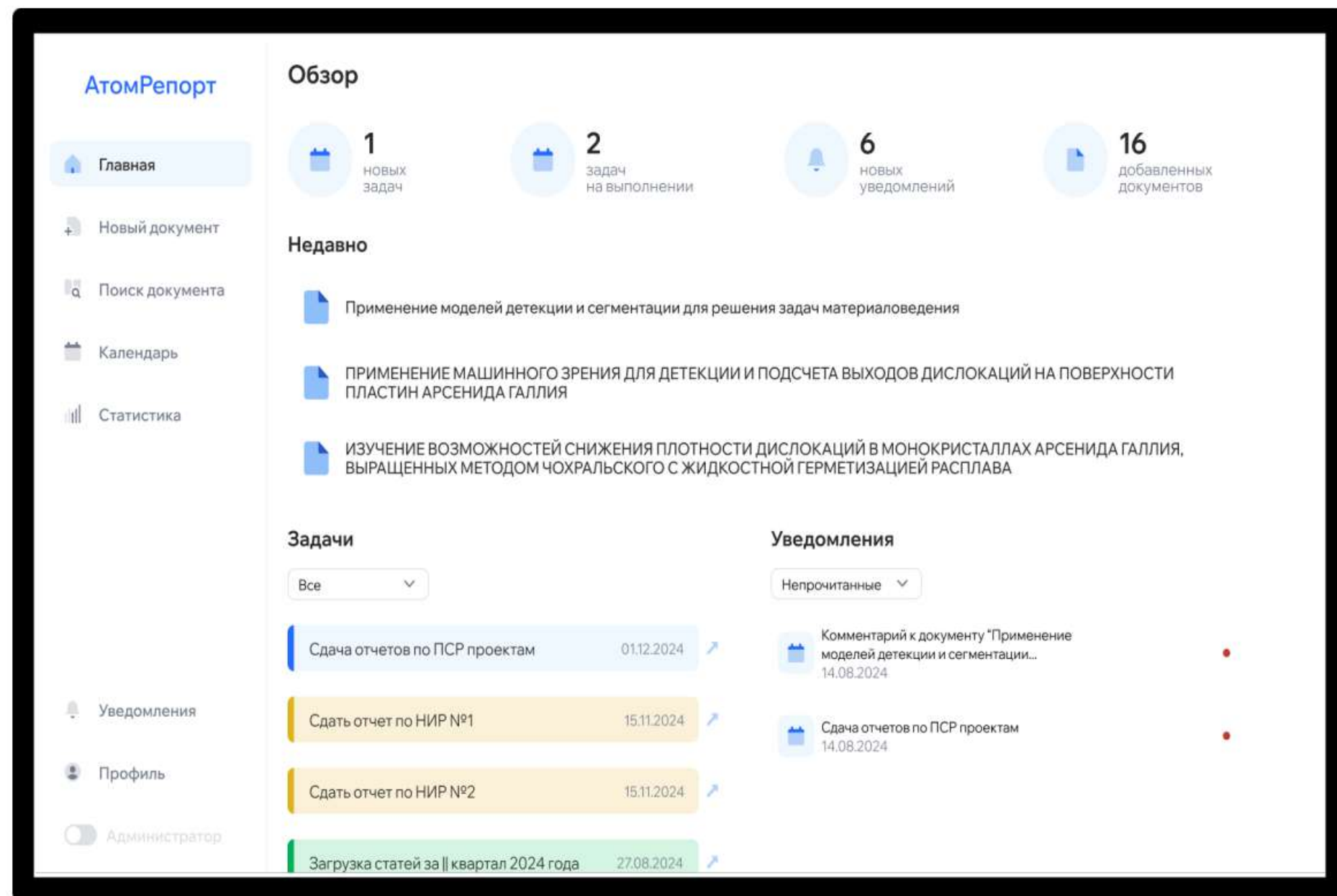
ПО на примере: разработки прикладного программного обеспечения установки хлорирования диоксида гафния



Мы активно используем отечественные программируемые логические контроллеры (ПЛК): RealLab, OBEH, TREI, и SCADA: MasterSCADA 4D, Соната. А также оборудование китайских производителей: XINJE, GCAN.

Разработка программного обеспечения

Разработка программного обеспечения на примере: системы интеллектуального анализа и систематизации данных (СИАС)
«Атомрепорт»



Уникальность:

- Загрузка в систему хранения данных и их ИИ-тегизация.
- Создание облака тегов и их привязка к файлу данных.
- Поиск документа по тегам в системе.
- Интеллектуальный поиск документа в системе.
- Вывод статистических данных в виде диаграмм, таблиц по зависимости «тег-объект»-«тег-параметр».

Универсальность:

- Систематизация любых данных.
- Интеллектуальный анализ данных.
- Оптимизация документооборота.
- Организация оргструктуры предприятия и интеграция в существующие бизнес-процессы.
- Гибкая кастомизация под требования заказчика за счет микросервисной архитектуры.

Технология:

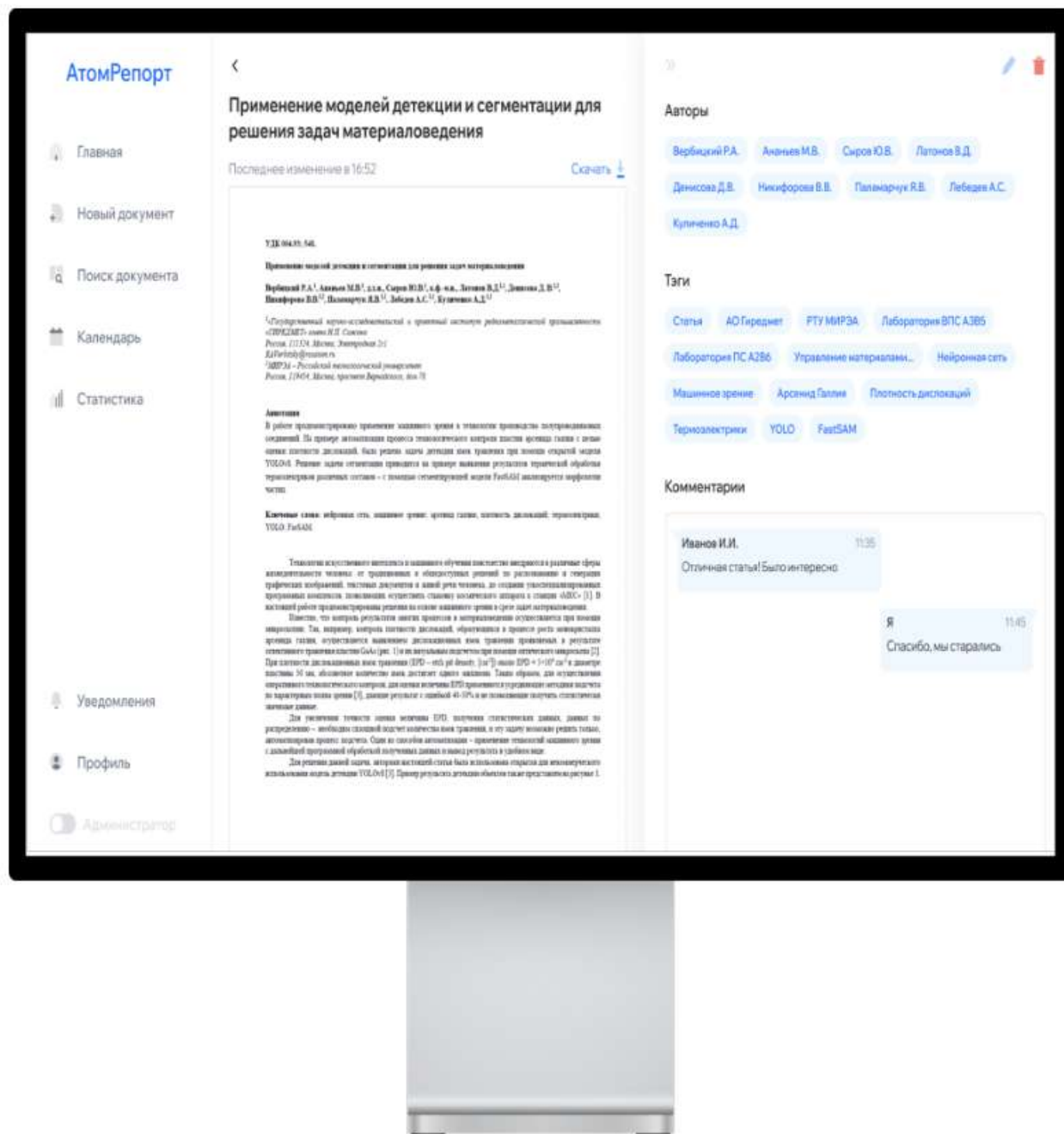
СИАС представляет собой web-приложение, предназначенное для хранения и систематизации данных путем их интеллектуальной обработки при помощи больших языковых моделей, извлекая атрибуты, соответствующие содержанию файлов и используя их для управления данными. Также, для вывода аналитической и статистической информации по объектам, содержащимся в хранилище с использованием системы тегов, характеризующих объекты хранения.



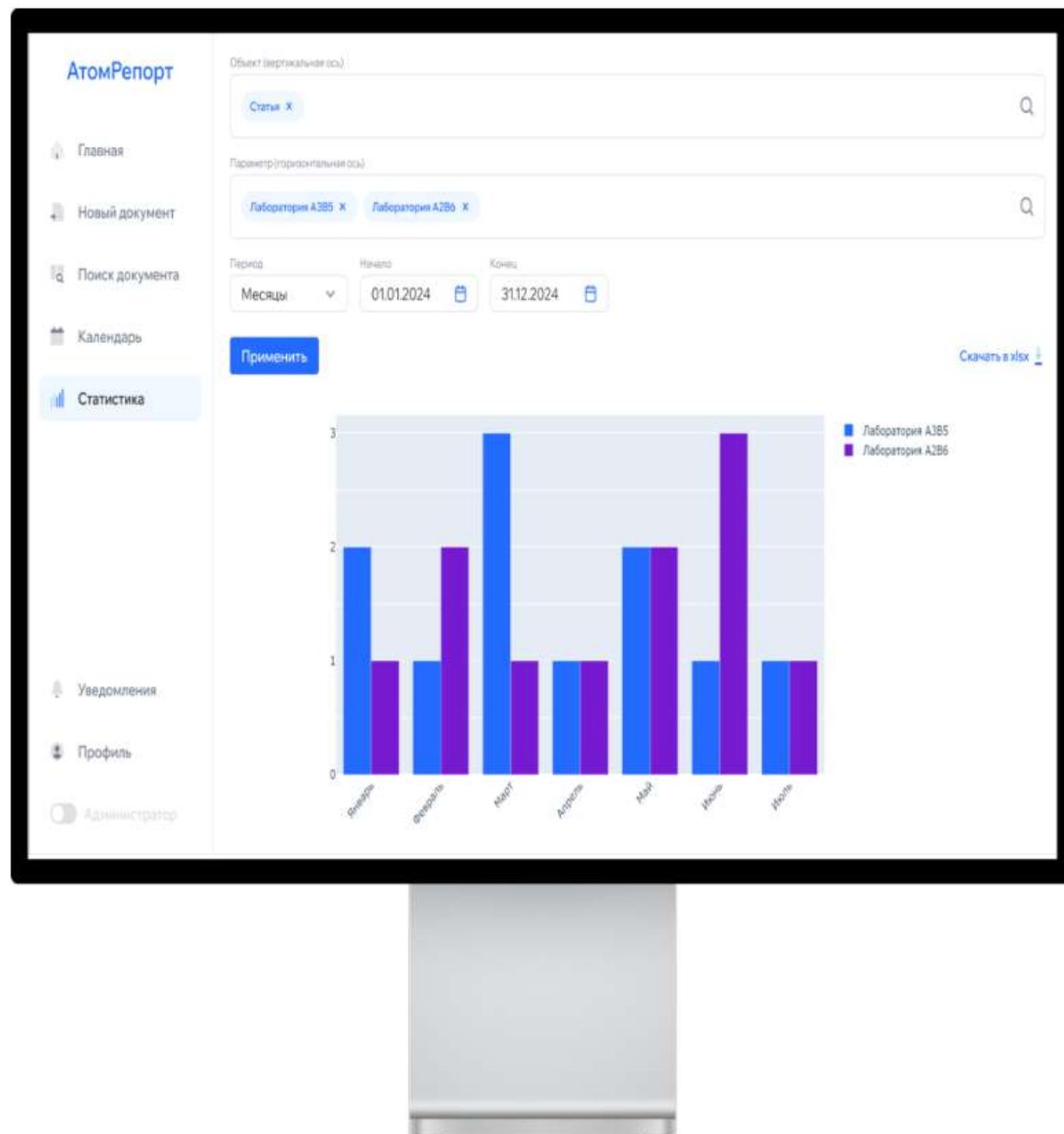
НИИГРАФИТ | ГИРЕДМЕТ

Разработка программного обеспечения

Разработка программного обеспечения на примере: системы интеллектуального анализа и систематизации данных (СИАС)
«Атомрепорт»



Вывод статистических данных по типу документа и привязанным тегам

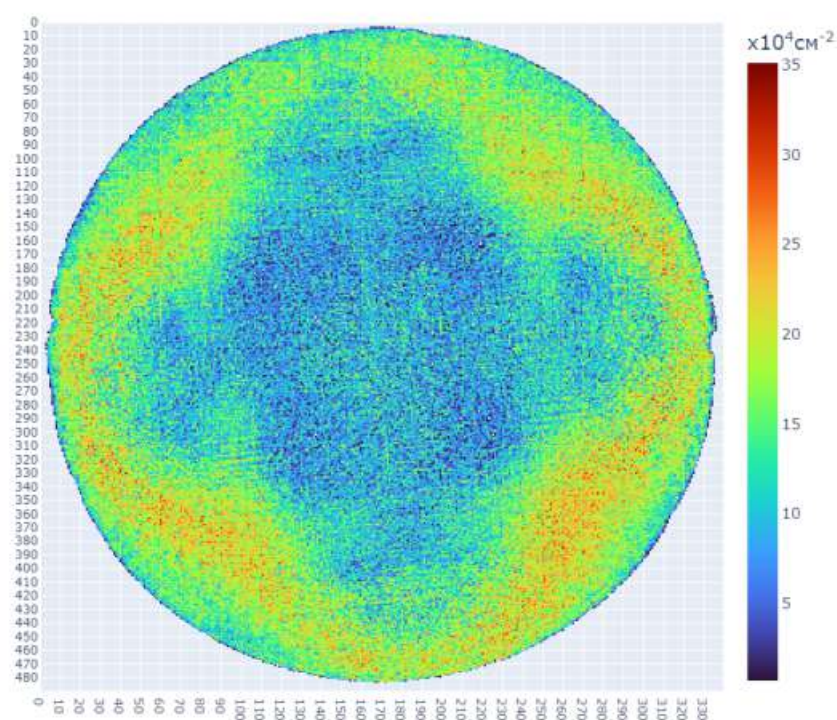
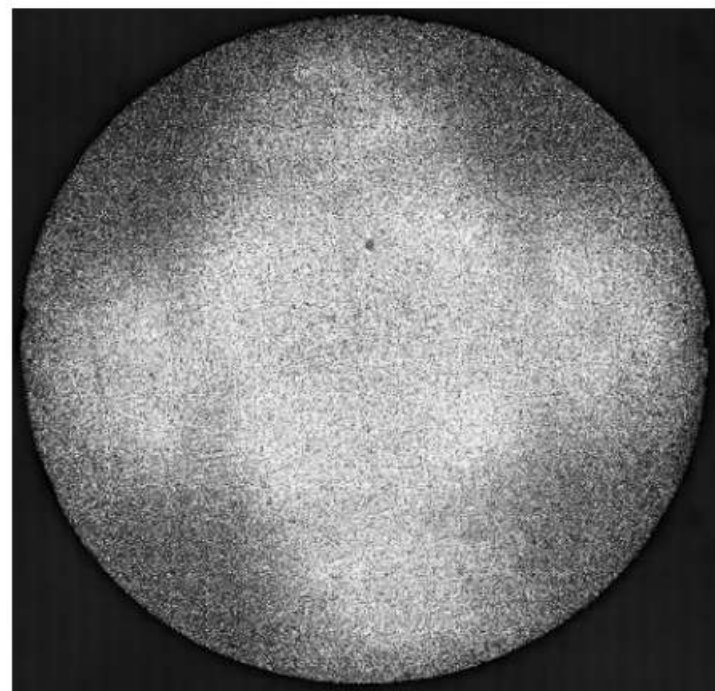


Просмотр документа и тегов, привязанных к нему

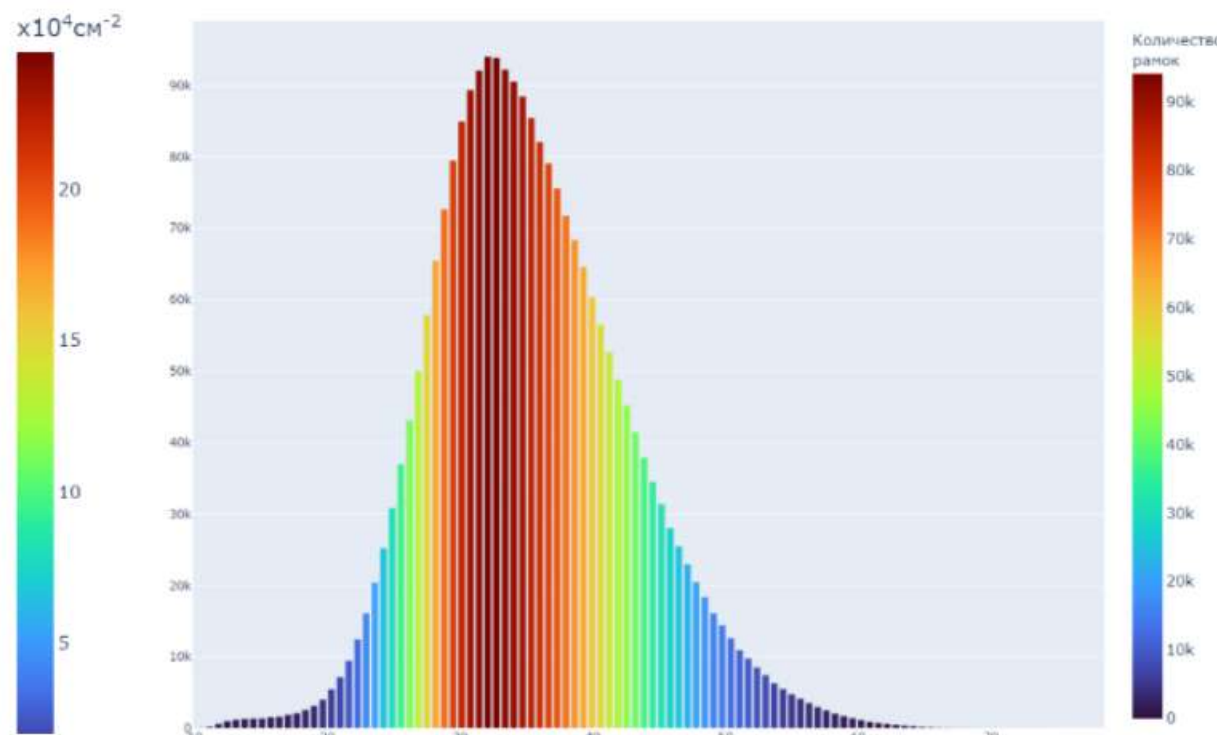
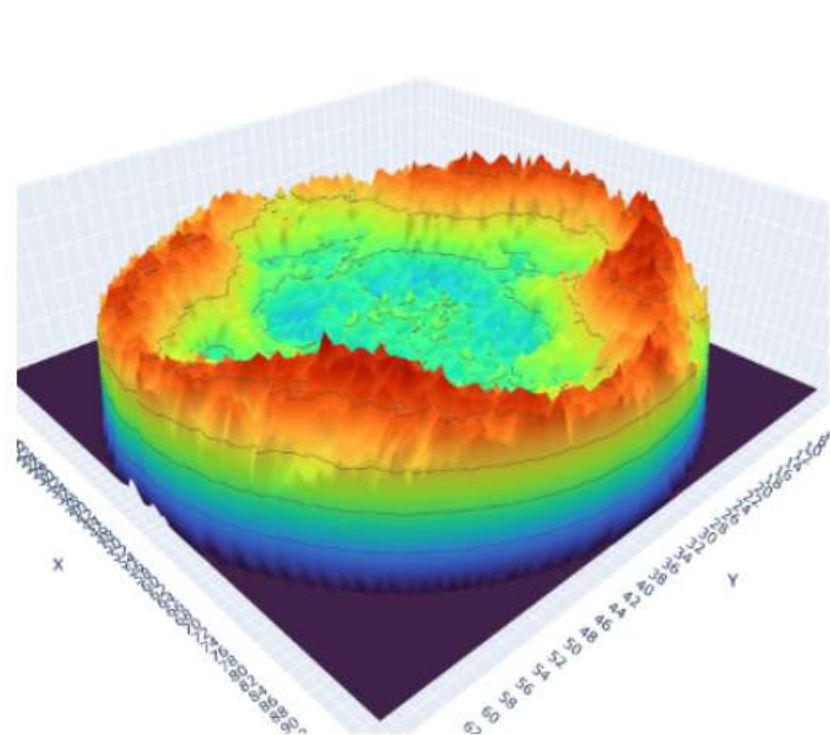
Характеристики	Значения
Дизайн	Figma, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator
Frontend-разработка	React, JavaScript, TypeScript, HTML
Базы данных	PostgreSQL, MySQL, MSSQL
Backend-разработка	Python, Flask, FastAPI, NodeJS
Машинное обучение	Python, Pytorch
Модели-LLM	YandexGPT, ChatGPT, Mistral, Mistral NeMo, GigaChat

Разработка программного обеспечения

Разработка программного обеспечения на примере: автоматизированной системы подсчета дефектов (АСПД) Колибри



Исходная пластина и карта распределения плотности дефектов (после обработки в АСПД «Колибри»)



3D-визуализация распределения плотности дефектов и их нормальное распределение по размерам (в данном случае – по длине)

- **Уникальность:**
 - Анализировать изображения поверхности различных материалов;
 - Детектирование объектов на изображениях;
 - Сегментирование объектов на изображениях;
 - Классифицирование объектов на изображениях;
 - Сбор статистических данных о морфологии объектов;
 - Вывод обработанных данных в виде диаграмм/графиков/таблиц и тд.
- **Универсальность:**
 - Выявление объектов на любых цифровых изображениях;
 - Сохранение результатов на удаленном сервере;
 - Гибкая кастомизация за счет микросервисной архитектуры;
 - Возможность интеграции различных предобученных на вашем датасете моделей машинного зрения.

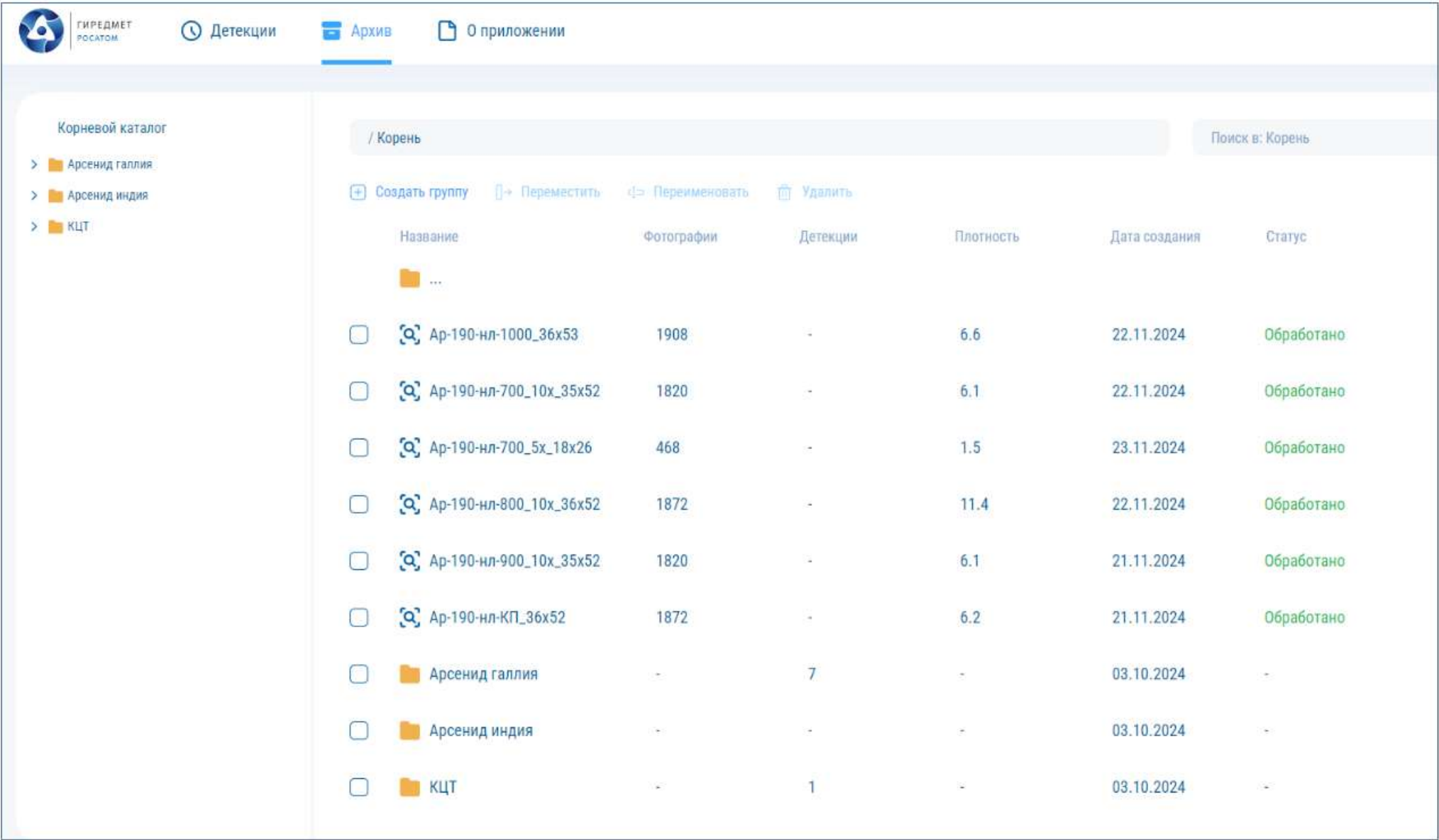
Технология:

Автоматизированная система подсчета дефектов «Колибри» - интеллектуальная система на основе технологий машинного зрения и машинного обучения, разработана для детектирования и анализа морфологии объектов в материаловедении. Основная цель — автоматизация процессов выявления, сегментации и классификации микроструктур материалов с целью повышения точности и эффективности обработки изображений для оценки качества в производстве полупроводниковых и композиционных материалов.

Система реализована в виде web-приложения, включает в себя: сервис детекции изображений, сервис обработки данных и сервис веб-сервера. Добавлена полноценная реализация аналитической компоненты системы с наглядной визуализацией результатов обработанных данных.

Разработка программного обеспечения

Разработка программного обеспечения на примере: автоматизированной системы подсчета дефектов (АСПД) Колибри



Файловый менеджер

Характеристики	Значения
Дизайн	Figma, Adobe Photoshop, Adobe Illustrator
Frontend-разработка	React, JavaScript, TypeScript, HTML
Базы данных	PostgreSQL
Backend-разработка	Python, Flask, FastAPI, NodeJS
Машинное обучение	Python, Pytorch
Модели-CV	DenseNet, ResNet, YOLO, RetinaNet, Unet, PSPNet, DeepLab



Диалоговое окно результатов детекции дефектов



НИИГРАФИТ | ГИРЕДМЕТ

Спасибо за внимание

Руководитель направления по инжинирингу ХТК
Смыкало Антон Юрьевич
anysmykalo@rosatom.ru

www.giredmet.ru - сайт АО «Гиредмет»
www.niigrafit.ru - сайт АО «НИИГрафит»

Информация о технических характеристиках и комплектациях, указанная в презентации является справочной и не является публичной офертой. Подробные технические характеристики оборудования, стоимость и другую актуальную информацию Вы можете уточнить у ответственного по соответствующему направлению или представителя организации. Некоторые изображения взяты из открытых источников сети интернет и носят информационных характер.