



«Эффективное применение  
высокотемпературных печей сопротивления  
для спекания  
промышленной керамики (стержней)»

XI Международный технологический форум «Инновации. Технологии.  
Производство»

Тема секции: «Изготовление стержней отливок для лопаток ГТД: существующие  
проблемы, перспективы развития и новые технологии»

Рыбинск, 2025г.

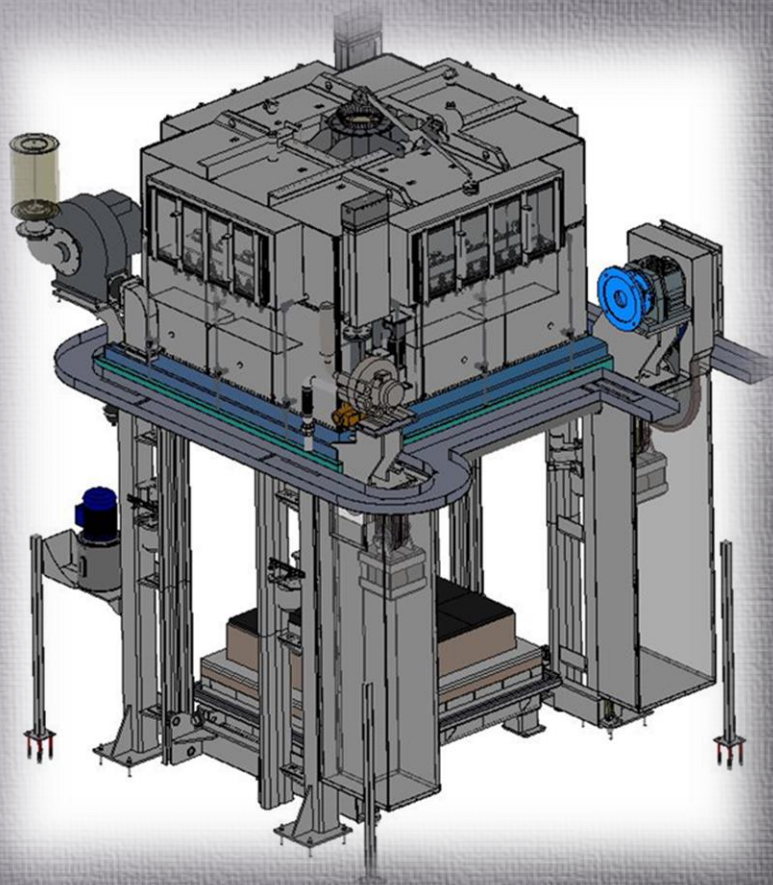
# Ваши задачи - наши решения

В качестве технического решения для придания керамическим стержням прочности и способности противостоять воздействию жидкого металла нами предложено для термообработки использование высокотемпературных печей колпакового типа.

Керамические стержни формируют в лопатках внутренние полости, что является неотъемлемым этапом технологического процесса производства литых заготовок турбинных лопаток из жаропрочных сплавов.

Качество термообработки керамических стержней оказывает ключевое влияние на металлургическое качество отливки.

# Колпаковая высокотемпературная печь СЭО 10.8.6-14,5



Т<sub>макс</sub> – 1450°C;

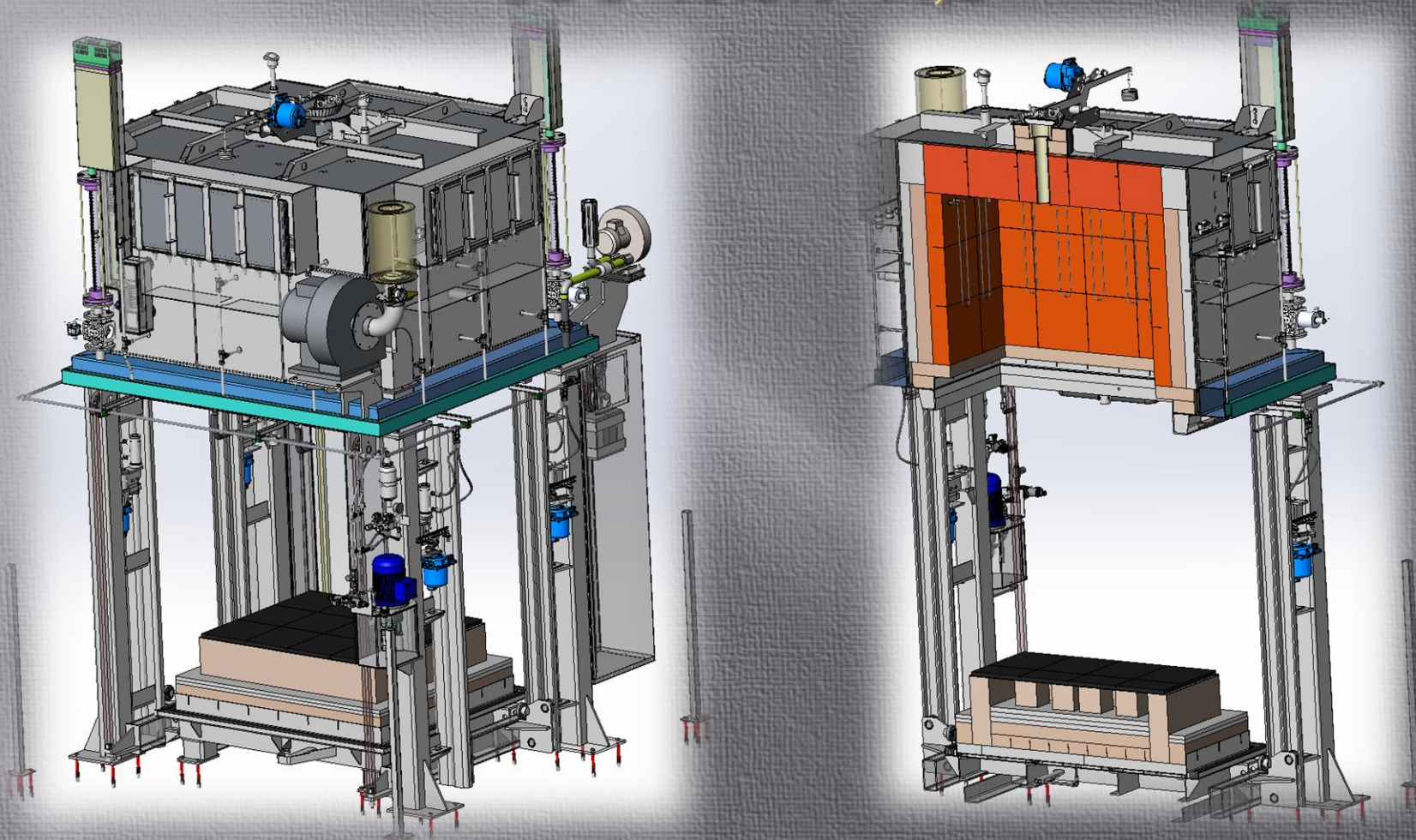
Однородность температурного поля ±7°C;

Основные нагреватели – дисилицид-молибденовые;

Один загружаемый под с автоматизированным перемещением и позиционированием;

Среда – атмосферный воздух с контролем содержания кислорода;

# Колпаковая высокотемпературная печь СЭО 10.8.6-14,5



## **Использование многослойной теплоизоляции.**

Для обеспечения эффективной теплоизоляции применена комбинация из нескольких слоев. Для минимизации негативного влияния высоких температур на теплоизолирующие свойства материалов футеровки используется воздушное охлаждение пода и стен рабочей камеры печи. Мягкая футеровка в зоне обжига. Низкая теплоемкость. Ремонтопригодность в сжатые сроки. Химическая стойкость.

# Футеровка высокотемпературных колпаковых печей

Преимущества использования мягкой футеровки: не пылит, не трескается, ремонтпригодна



Стены и потолок камеры облицованы блоками, сформованными из керамоволокна, температура применения до 1600°C, обладают большей плотностью, стабильностью



В футеровке пода организовано пространство воздушного зазора под погрузочной поверхностью для усреднения температурного поля



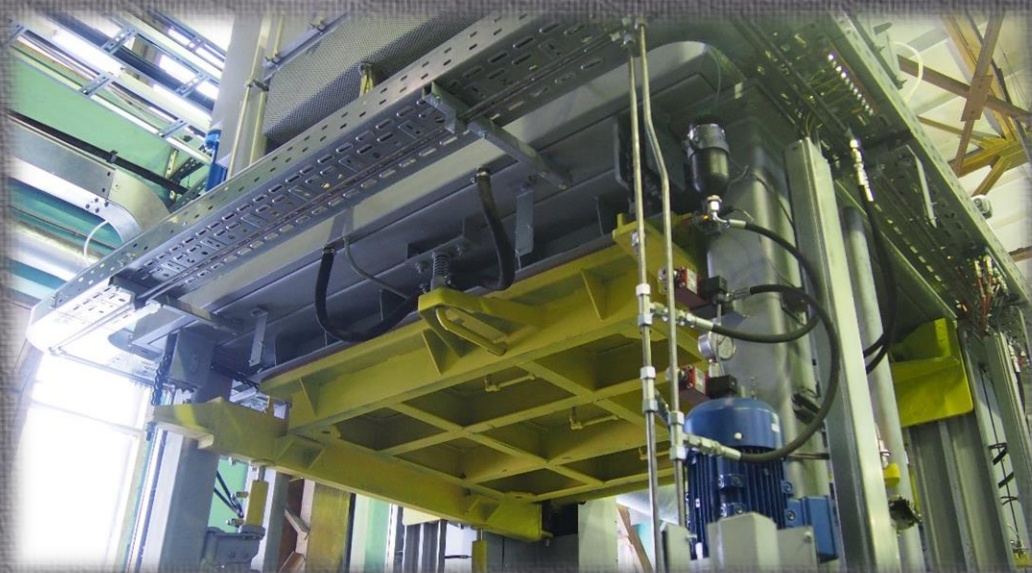
# Колпаковая высокотемпературная печь СЭО 10.8.6-14,5



## Продуманные системы.

Для подъема пода с садкой и закрытия рабочей камеры используется двухступенчатая система: под поднимается с помощью мотор-редуктора цепью, на конечном этапе обжимается гидравлическими цилиндрами для обеспечения постоянного, равномерного обжатия уплотнений в плоскости примыкания пода к камере. Система обеспечивает плавные перемещения пода на этапе подъема, что позволяет выстраивать технологические этажерки для равномерного размещения садки по рабочему объему камеры печи. Для страховки от повреждения элементов печи садкой в процессе перемещения используется световой барьер, который блокирует подъем пода при пересечении луча. Такая же система следит за отсутствием персонала в зоне работы подъемного механизма.

Колпаковая печь позволяет сделать единую плоскость разъема печи, что позволяет устроить эффективное уплотнение рабочей камеры и гарантирует отсутствие захлаживания садки сквозняками, позволяет создать в печи легкое избыточное давление и единый управляемый выход газа при закрытом поде. В том числе для устройства охлаждения футеровки.



# Колпаковая высокотемпературная печь СЭО 14.12.10-16

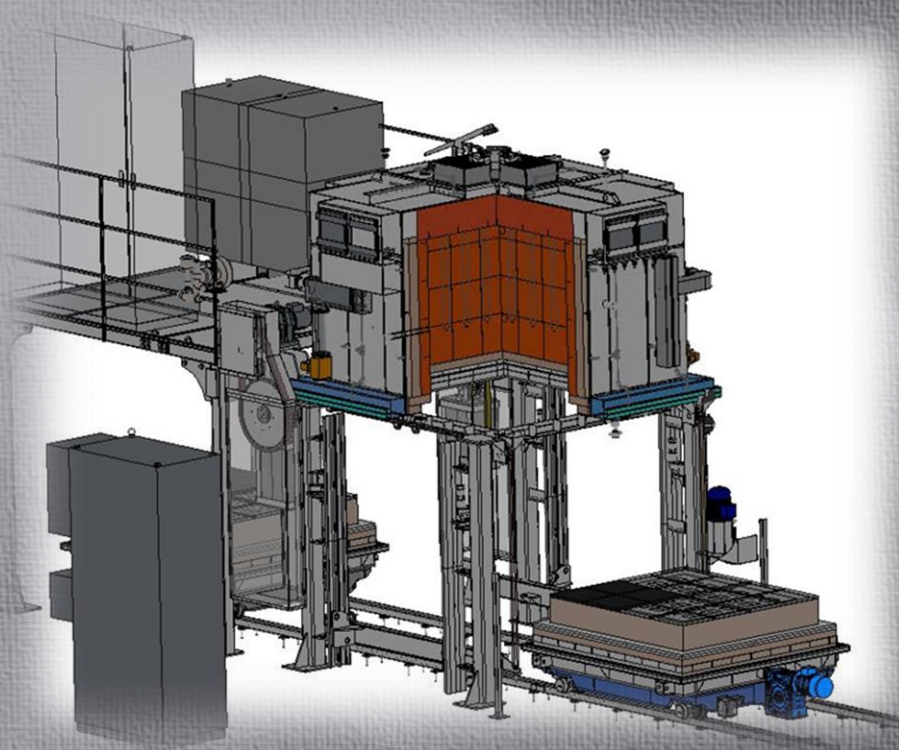
Т<sub>макс</sub> – 1600°C;

Однородность температурного поля  
 $\pm 7^\circ\text{C}$ ;

Основные нагреватели – дисилицид-  
молибденовые;

Два попеременно загружаемых пода с  
тележками с автоматизированным  
перемещением и позиционированием;

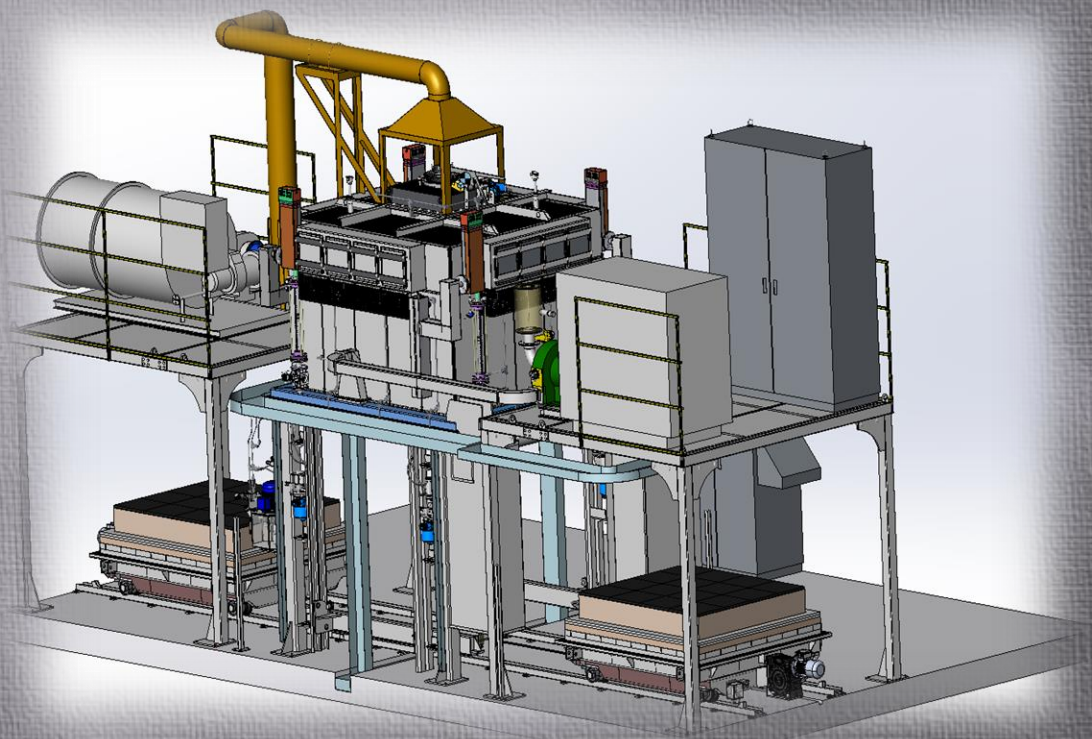
Среда – атмосферный воздух с  
контролем содержания кислорода;



# Колпаковая высокотемпературная печь СЭО 14.12.10-16



# Колпаковая высокотемпературная печь СЭО 14.12.10-16 камерой дожига



## **Компоновка печи, силового шкафа, шкафа управления и загрузочных тележек.**

Тиристорный шкаф и трансформатор располагаются на втором этаже. Это обеспечивает их оптимальную связь с корпусом печи. Обеспечивает безопасную дистанцию между силовым электрооборудованием и персоналом. Освобождает пространство для комфортной загрузки – разгрузки подов печи. Внизу размещаются две тележки для последовательной загрузки и экономии времени. Это повышает производительность на 20-30% по сравнению с печью с одним подом. Шкаф с большим сенсорным монитором для управления печью находится внизу на комфортном удалении от печи.

## **Предварительный подогрев воздуха.**

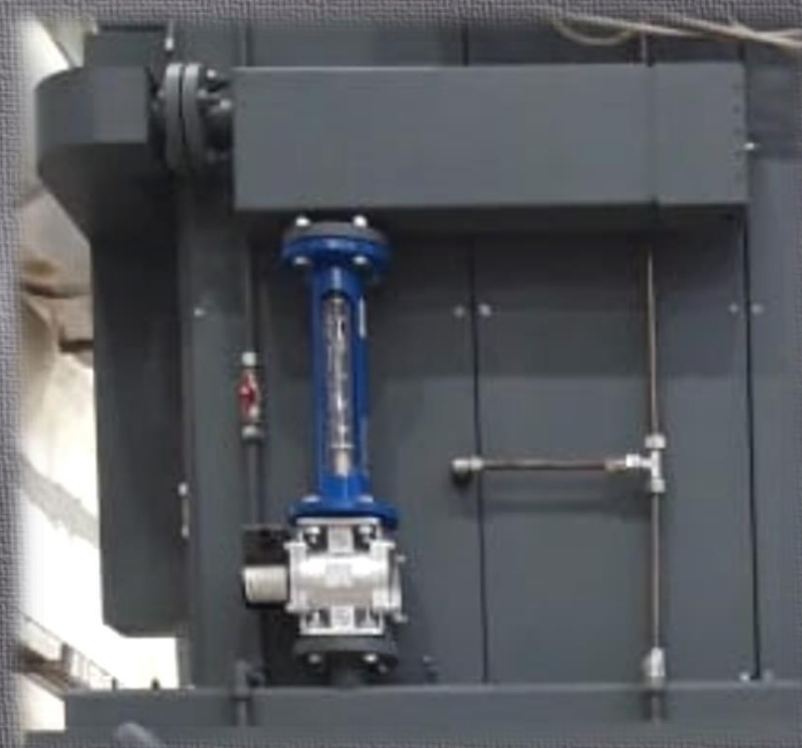
Для выпаривания и удаления органических пластификаторов и связки из общей массы садки на начальном этапе термообработки в камеру подается воздух, предварительно подогретый до температуры аналогичной в рабочей камере. Этот воздух разбавляет и заменяет внутрипечную атмосферу. Отработанный газ удаляется через клапан на крыше печи в общецеховую вентиляцию или поступает на утилизацию в камеру дожига.

# Функция удаления связующего в колпаковых печах

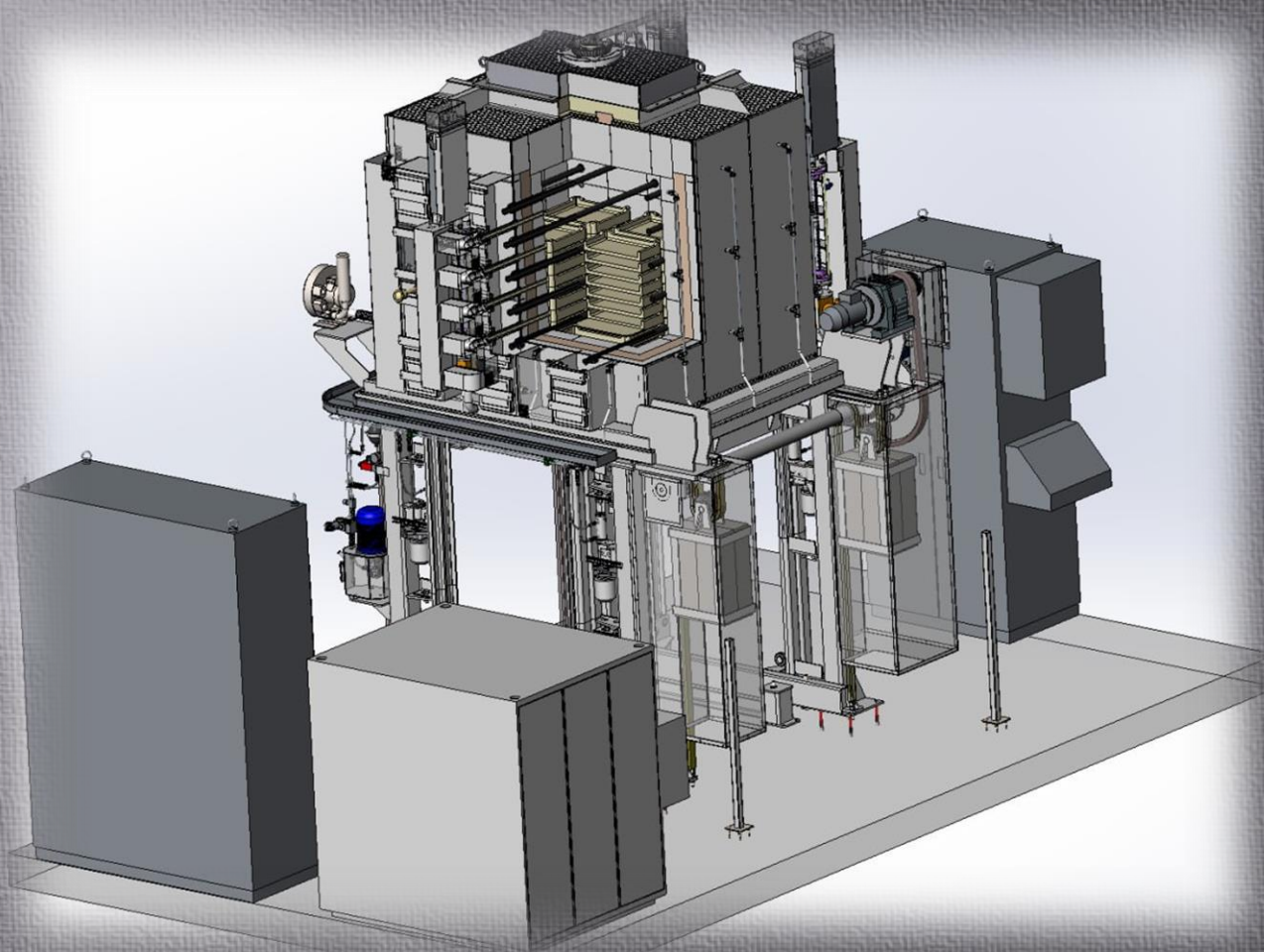
Функция удаления связующего продувкой камеры предподогретым воздухом, синхронизированным по температуре с камерой печи.

Осуществляется на температурах до 500°C.

Используется для испарения и удаления органических соединений (связки или пластификатора).



# Колпаковая высокотемпературная печь СЭО-10.13.11-14,5



# Использование нагревателей в высокотемпературных колпаковых печах

## До 1500 °С:

Использование карбид-кремниевых нагревателей позволяет расположить садку между ними в рабочем объеме камеры (нагреватели проходят по центру камеры), обеспечивая тем самым равномерное распределение температурного поля.



## До 1700°С:

Дисилицид-молибденовые нагреватели располагаются по периметру камеры печи (на стенах), устойчивы к высоким температурам и окислению.



# Автоматическая работа высокотемпературных колпаковых печей

Использование промышленного  
контроллера для управления  
параметрами печи

Визуализация процесса, как по месту  
на цветном дисплее, так и через  
информационные сети



# Визуализация процесса работы высокотемпературных колпаковых печей

## Графический интерфейс

- Удобен пользователю
- Содержит только необходимые данные
- Может быть расширен дополнительными данными
- Исключает несанкционированный доступ



## Удаленный контроль работы электропечи

- Специализированное ПО устанавливается на ПК, смартфон, SMART-часы
- ПО будет получать и отображать актуальную информацию о ходе технологического процесса, его основные параметры



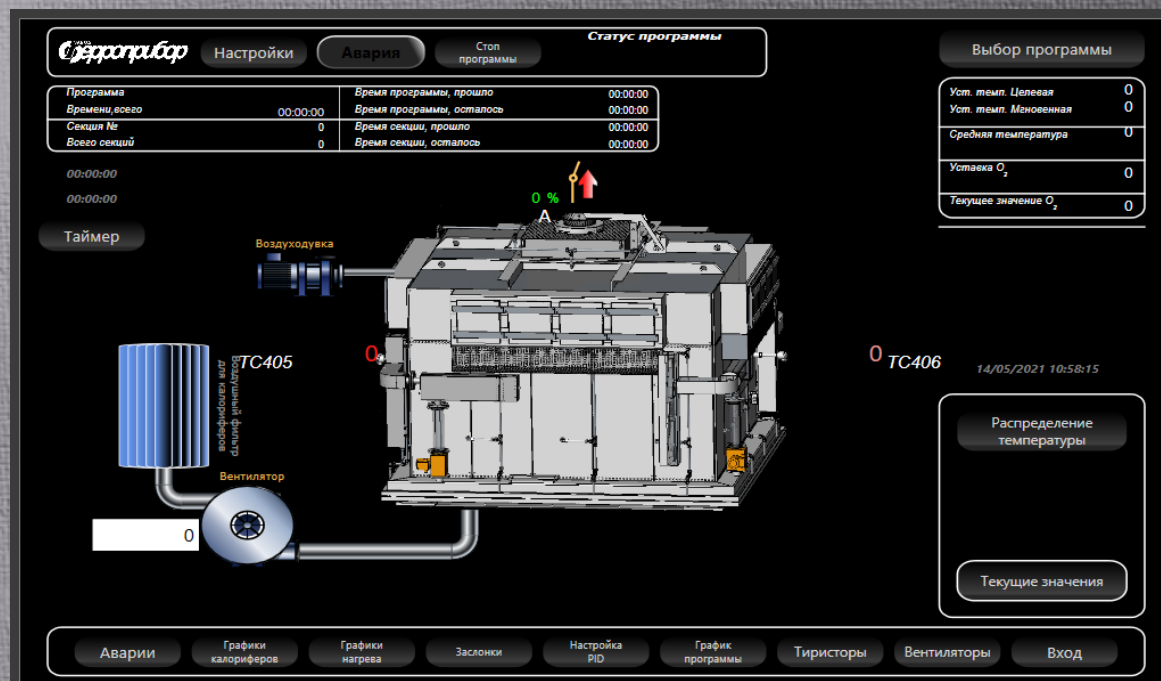
# Интерфейс колпаковых печей

## Главный экран

Ход программы  
и ее шагов

Общее состояние  
системы

Вывод  
аварийных  
предупреждений



Параметры  
среды

Текущее  
время

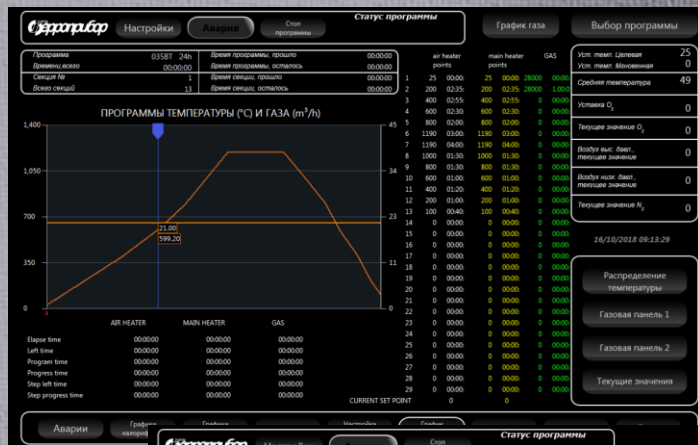
Переходы на  
дополнительные  
экраны

Интерфейс управления имеет несколько окон для подробного отслеживания, удобного программирования и возможности информирования оператора о проблемах в оборудовании.

Удаленное информирование о течении цикла обжига и удаленный просмотр окон управления через экран телефона.

По согласованию с оператором возможен сеанс удаленного доступа к управлению агрегатом, помощи, обнаружения поломок и решения проблем.

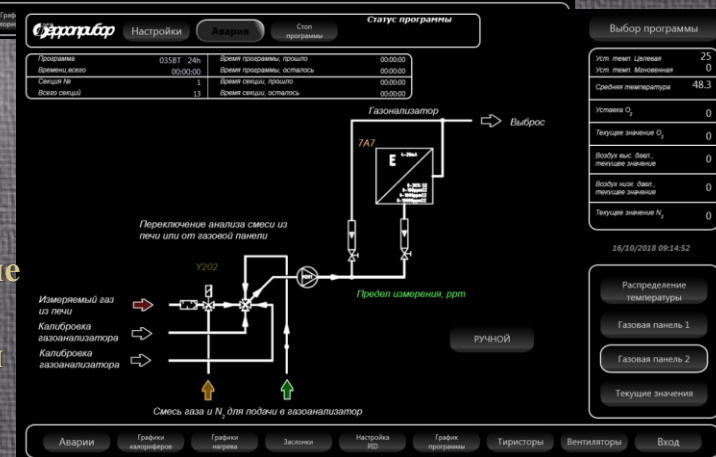
# Вспомогательные экраны интерфейса высокотемпературных колпаковых печей



Состояние  
тиристов

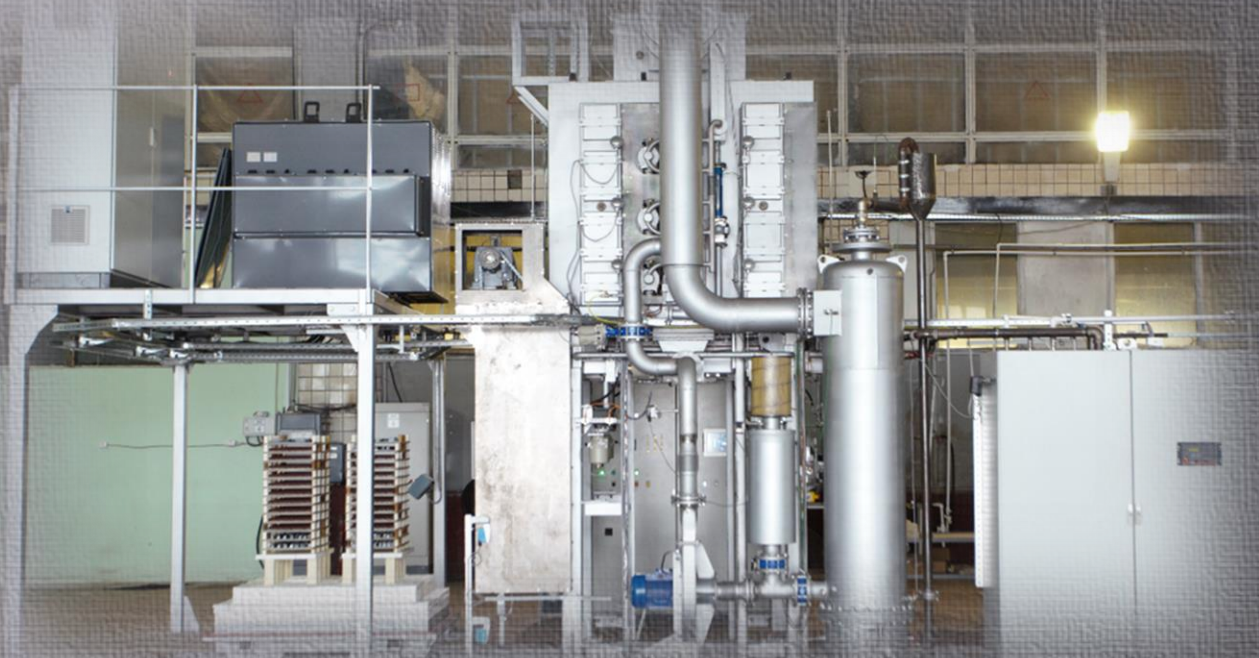


Состояние  
газовой  
системы



Графики  
программ и  
реального  
обжига

# Преимущества и возможности колпаковых печей.



Экономия электроэнергии  
Гибкость в определении режимов обжига  
Повторяемость, воспроизводимость режимов  
Контроль

# Преимущества печей АО «Ферроприбор»



Высокое качество и  
надежность



Энергоэффективность



Изготовление нестандартного  
оборудования по ТЗ  
Заказчика

# Сферы применения высокотемпературных печей



Порошковая металлургия

Термообработка  
металлокерамических  
изделий

Спекание промышленной  
керамики

# Реализованные проекты:

**АО «АЭМ Технологии» (компания корпорации РОСАТОМ)**

**АО «ОДК Пермские моторы» (компания корпорации ОДК)**

**ООО «Точка плавления» (компания корпорации ОДК)**

**АО «Невский Завод» (компания «РЭП Холдинга»)**

**АО «ВНИИТРАНСМАШ»**

**ООО «Технологический Центр Металлообработки»**

**ООО «Теком»**

**ООО «НПП «Спецкабель»**

**АО «НИКИМТ-Атомстрой» (компания корпорации РОСАТОМ)**

**АО «ОДК Климов» (компания корпорации ОДК)**

**АО «Заслон»**

**НПА «Технопарк АТ»**

# Контакты



**АО «Ферроприбор»**  
**198320 Россия г. Санкт-Петербург**  
ул. Свободы, 50  
**+7 (812) 407 25 20**  
**+7 (931) 262 13 34**

**[www.ferropribor.ru](http://www.ferropribor.ru)**  
**[sale@uran-termo.ru](mailto:sale@uran-termo.ru)**