



ЭТАЛОННАЯ ТРИЗ-ПЛОЩАДКА ООО «КРАМЗ»

РУКОВОДИТЕЛЬ ГРУППЫ ПРОЕКТОВ РУБИН М.С.
РУКОВОДИТЕЛЬ ТРИЗ-ЛАБОРАТОРИИ ЛОПАТИН С.В.

ПРОЕКТ:
«ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ ПЕЧЕЙ
ГОМОГЕНИЗАЦИИ»

ОБУЧАЮЩИЕСЯ: ГУСЕВА М.В., РЕЗНИКОВ М.Е., БАХМАН В.О.
РУКОВОДИТЕЛЬ ПРОЕКТА - АККУБЕКОВ П.А.
НАСТАВНИК - КРАЕВ О.А.

16 СЕНТЯБРЯ 2020 Г.

Резюме проекта

Цель проекта – снижение удельного расхода электроэнергии с 517 кВт*ч/т до 450 кВт*ч/т. для печи СДО №1; с 536 кВт*ч/т до 450 кВт*ч/т. для печи СДО №2.

Задачи проекта:

1. Исключить дополнительную операцию отжига слитков перед гомогенизацией;
2. Исключить тепловые потери во время выхода печи на режим гомогенизации;
3. Повысить эксплуатационную стойкость и эффективность работы нагревательных элементов печи;

Ограничения проекта

- Срок внедрения мероприятий, желательно, чтобы не превышал 1 год.
- Затраты на реализацию мероприятий не должны превышать полученный эффект.
- Ожидаемый экономический эффект должен составлять не менее 1 млн. руб./год.
- Не допускаются существенные изменения конструкции печи, а так же технологии гомогенизации слитков и заготовок.

Разработано **11 предложений** для верификации.

Ожидаемый экономический эффект составил 6,5 млн. руб./год.

Резюме проекта

| № | Концепция | Достигнутые результаты | Следующие шаги |
|----|---|--|---|
| 1. | Совмещение операций гомогенизации и отжига для слитков 517 мм 7й и 2й серий | Выполнена опытная работа по измерению разности температур на поверхности и в центре слитка 7й серии, 517мм. Подготовлен и согласован с главным металлургом отчет по результатам работы. Составлен и согласован план проведения промышленных испытаний по совмещению операция отжига и гомогенизации. | После ремонта контейнера пресса №25 провести промышленные испытания для слитков 7й серии 517мм. Проверить технологичность прессования металла и структуру в ЦЗЛ. При положительных результатах расширить объединение операций отжига и гомогенизации для слитков и 2й серии диаметром 320, 370 |
| 2. | Оптимизация режимов гомогенизации слитков 517 мм с 24 до 12 часов. | Составлен план опытной работы. | После ремонта контейнера пресса №25 провести опытную работу для слитков 7й серии 517мм. Проверить технологичность прессования металла и структуру в ЦЗЛ. При положительных результатах закрепить результат распоряжением и соответствующими изменениями в ТИ. |
| 3. | Расширение линейки длин заготовок для укладки в один стеллаж. | Вопрос прорабатывается с главным технологом. | Закрепить результат распоряжением и соответствующими изменениями в ТИ. |
| 4. | Доработка проектной документации нагревателей с новыми нормативами расхода нихромовой ленты | По результатам измерения электрического сопротивления нагревательных элементов подготовлен отчет техническому директору Выполнен анализ параметров нагревателей печи на соответствие с проектными значениями. Внесение изменений в техническую документацию нагревателей. Составлена заявка на покупку нихромовой ленты. | После покупки нихромовой ленты выполнить монтаж ленты установленной длины. Провести замеры электрического сопротивления нагревателей. Оценить величину изменения надежности нагревателей, стабильность характеристик печи. При положительном решении выполнить ремонтные работы нагревателей на других печах СДО. |

Резюме проекта

| № | Концепция | Достигнутые результаты | Следующие шаги |
|----|---|--|---|
| 5. | Применение теплоизоляционного шнура ШКН для примыканий нагревателей. Дополнительный теплоизоляционный слой на перекрытии печи. | Проведен поиск теплоизоляционных материалов. Составлена служебная записка на приобретение материалов. Определен источник финансирования. | Приобрести материалы. Произвести монтаж материалов. Провести тепловизионную съемку тепловых потерь после установки изоляционных материалов. |
| 6. | Система индикации состояния нагревателей для загрузки печи с учетом распределяемой мощности зон. | Разработано ТЗ, которое внесено в общее ТЗ для печей гомогенизации. Работы планируется выполнять сторонней организацией. | Контроль выполнения. |
| 7. | Доработка схемы перекоммутации нагревательных элементов в случае выхода из строя одного из нагревателей. | Разработано ТЗ. Передано для обсчета стоимости материалов и работ. | После расчета стоимости материалов составить СЗ для закупа комплектующих. Произвести монтаж схемы перекоммутации. |
| 8. | Применение теплоизоляционного шнура для примыкания двери. КраМЗ-РС-465/20. Механизм плавного закрывания двери пода КраМЗ-РС-462/20 | Разработано ТЗ, согласовано с ТД. Совместно с ПКО разработана конструкция примыкания двери. Подготовлен первоначальный вариант чертежей для ШКН-50. Проведена верификация примыкания со шнуром ШКН-50. Требуется доработка чертежей для ШКН-100. | Доработать чертежи для ШКН-100. Произвести монтаж экспериментального примыкания двери печи с ШКН-100. Провести тепловизионную съемку потерь. |
| 10 | Теплоизолирующий экран (шторка) для экранирования входа печи при выкатывании пода. КраМЗ-РС-464/20. | Разработано ТЗ, согласовано с ТД. Совместно с ПКО разработан вариант открывающейся шторки с теплоизолирующим материалом. Требуется разработать КД, заказать материалы для изготовления. | Разработать КД. Составить СЗ на материалы. Закупить материалы. Произвести монтаж. Провести испытания, тепловизионную съемку потерь. |

Резюме проекта

| № | Концепция | Достигнутые результаты | Следующие шаги |
|-----|---|--|--|
| 11. | Установить уплотнительные элементы на валу вентиляторов печи. | Проведены эксперименты по верификации всасывания воздуха в пространство печи. Разработано ТЗ. Согласовано с ТД. ТЗ передано в ПКО. | Подобрать материал уплотнительного элемента (ПКО). Закупить материал. Изготовить опытную партию. Установить. Провести замеры всасываемого воздуха. |
| 12. | Дополнительное теплоизоляционное уплотнение мест крепления вентиляторов термшнуром ШКН. | Найдены варианты дополнительной теплоизоляции шнуром ШКН. Согласовано с ремонтной службой. | В ближайший ППР выполнить разбор мест крепления вентиляторов и теплоизолировать шнуром ШКН. Провести тепловизионную съемку потерь. |
| 13. | Восстановление песочного затвора печи | Найден способ восстановления песочного затвора. Согласованы даты ремонтно-восстановительных работ. | Провести восстановление в период с 14.10 по 14.11. Провести тепловизионную съемку потерь. |
| 14. | Увеличение тепломассообмена за счет изменения геометрии стеллажей, зазоров, поворота корзин на 90 градусов. | Разработана схема установки стеллажей. Требуется проведение опытной работы. | Целесообразность верификации определена после восстановления рабочих параметров печи. |
| 15. | Рекуперация тепла между садками для сплава Д16. | Разработана и вынесена на Совет по ТРИЗ схема рекуперации тепла от горячей садки к холодной. Предложение не получило поддержки из-за сложности технологических операций. | Подготовить обоснование для возможности рекуперации тепла от горячей садки к холодной. |

1. Предпроектный этап

Описание исходной ситуации

1-2

Таблица 1 – описание проблемы

| Вопрос | Ответ |
|--|---|
| Дана система | Печи гомогенизации №1-7. |
| Функция, выполняемая системой | Нагреть алюминиевые столбы, заготовки до температуры ниже температуры солидуса на 50-80 °С, выдержать в течение некоторого времени. |
| Что нужно улучшить | Снизить потребление электроэнергии печи на тонну продукции? |
| Система состоит из элементов | Корпус печи (стены, крыша), дверь печи с выкатным подом, вентиляторы, нагревательные элементы, отражатель. |
| Объект обработки системы | Столбы, заготовки. |
| При работе системы возникает нежелательный эффект (НЭ): | НЭ1: Высокое потребление электроэнергии на тонну продукции. НЭ2: Низкий показатель надежности элементов нагревания. |

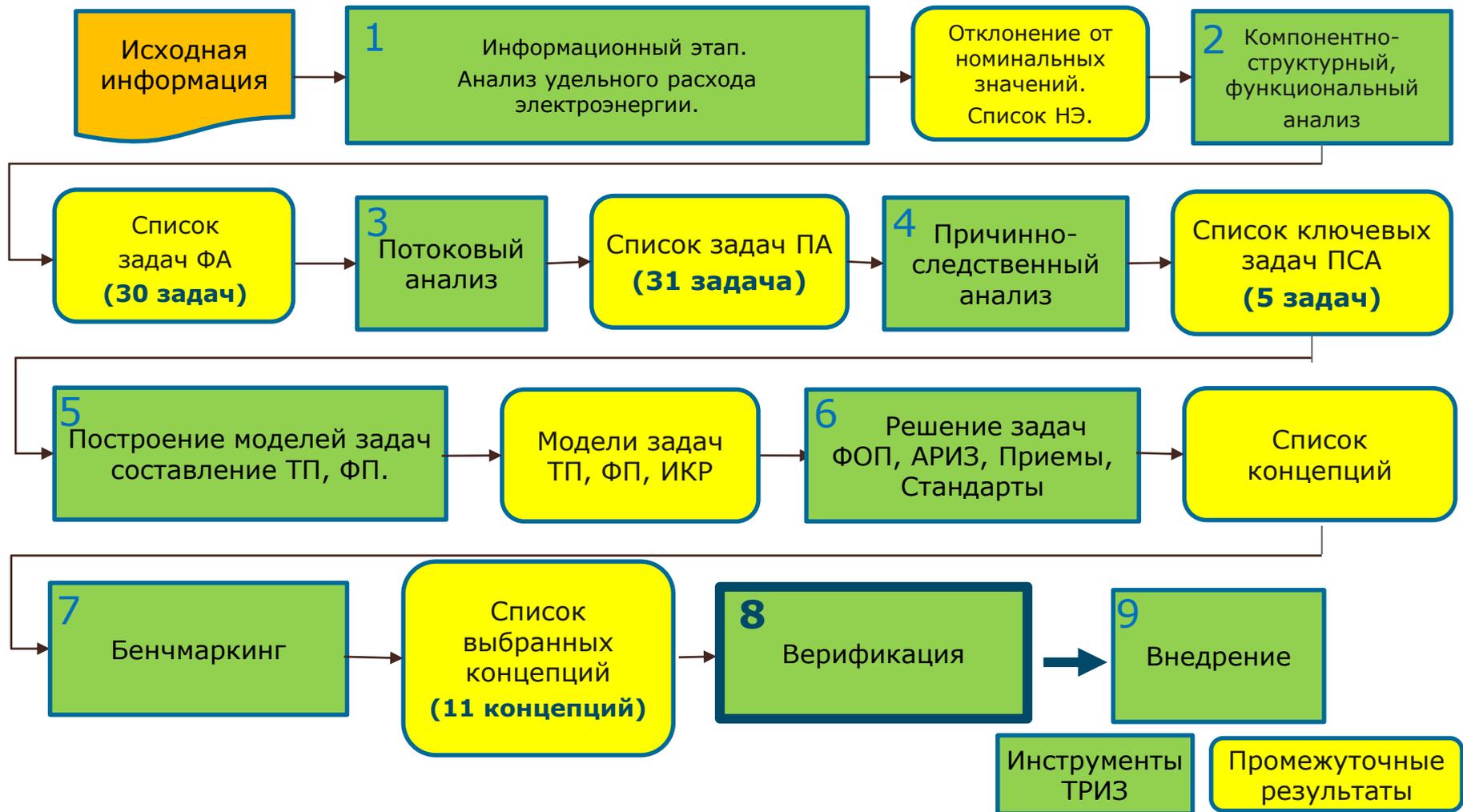
Описание исходной ситуации

2-2

Продолжение таблица 1 – описание проблемы

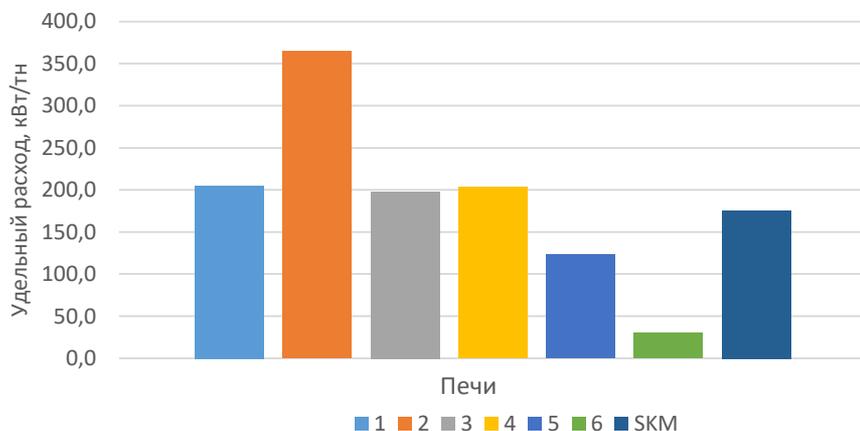
| | |
|---|--|
| Причина НЭ: | НЭ1: Большие тепловые потери. НЭ2: Перекос фаз нагревательных элементов при выходе из строя одного нагревательного элемента. НЭ2: Отсутствие объективной информации о затратах электроэнергии и электрических схемах печи. |
| Задачу пытались решить следующим образом: | 1. Форсировать нагрев печи. 2. Конструкция печи изменена для открывания двери вверх и последующим закрыванием после выезда пода. |
| При таком решении возникал недостаток: | 1.1 Повышенный износ нагревателей. 1.2 Требуется дополнительный человек или изменение АСУ печи; 2.1 Неплотное прилегание двери к печи. |
| Недостаток требуется устранить при ограничениях: | 1. Отсутствие документации по приборам учёта. 2. Без изменения принципиальной конструкции печи и принципа действия. |
| Успешное решение даст эффект: | 6,7 млн. руб./год |

Дорожная карта проекта



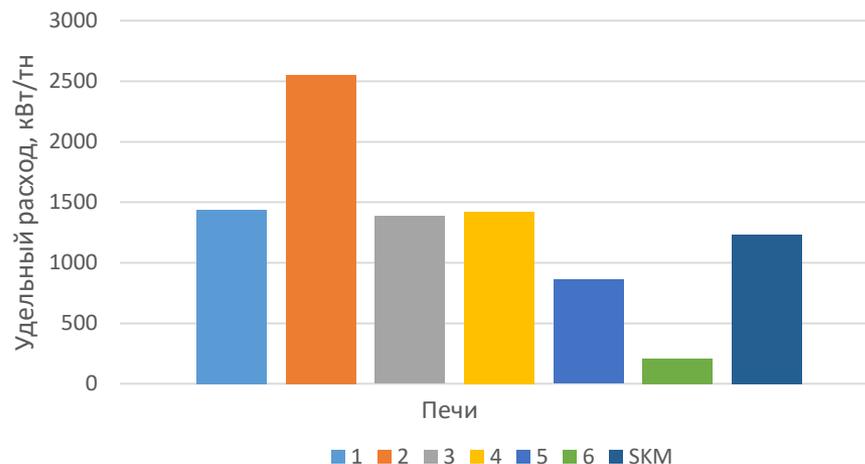
Средний удельный расход энергии печей 1-6, skm за 7 месяцев 2019 г.

Средний удельный расход эл. энергии за 7 мес. (кВт/тн)



Норматив удельного расхода 450 кВт*ч/т.
 Теоретический расчет энергии необходимой для нагрева Al с 20 до 500 , °C при нулевых теплотерях, составляет 137 кВт*ч/т.
 Средний показатель удельного расхода 5 печи 123.1 кВт*ч/т.
 Возникли подозрения в некорректности показаний счетчиков.

Сумма удельного расхода эл. энергии за 7 мес. (кВт/тн)



Сравнение показаний счетчиков ПЛЦ и 18 цеха

Печь СДО №1

| Дата | № садки, длительность, ч, режимы | Вес садки, т | Потребление энергии по счетчику СДО №1 ПЛЦ, кВт*ч | Потребление энергии 18 цеха, кВт*ч | Общее отклонение приборов учета, кВт*ч | Удельный расход по низковольтной стороне кВт*ч/т | Удельный расход по высоковольтной стороне кВт*ч/т | Общее отклонение приборов учета, кВт*ч/т |
|--------|------------------------------------|--------------|---|------------------------------------|--|--|---|--|
| 07.апр | 1-724, (26 часов, нагрев + гомо) | 30 | 7240 | 19040 | 11800 | 241.33 | 634.67 | 393.33 |
| 08.апр | 1-725 (13,5 часов, нагрев) | 32 | 4376 | 11080 | 6704 | 136.75 | 346.25 | 209.50 |
| 09.апр | 1-726, (12 гомо+3 нагрев+3 отжиг) | 30 | 3680 | 8320 | 4640 | 122.67 | 277.33 | 154.67 |

Печь СДО № 2

| | | | | | | | | |
|--------|-----------------------------------|----|------|-------|--------------|--------|-------|---------------|
| 06.апр | 2-492, (22 час., нагрев + гомо) | 32 | 6360 | 17600 | 11240 | 198.75 | 550 | 351.25 |
| 08.апр | 2-493, (20,5 час., нагрев + гомо) | 32 | 5360 | 14800 | 9440 | 167.5 | 462.5 | 295 |
| 09.апр | 2-494, (21,7 час., нагрев + гомо) | 32 | 6248 | 17200 | 10952 | 195.25 | 537.5 | 342.25 |

В результате сверки приборов учета ПЛЦ и цеха №18 обнаружено расхождение в показаниях 2,6 раз.

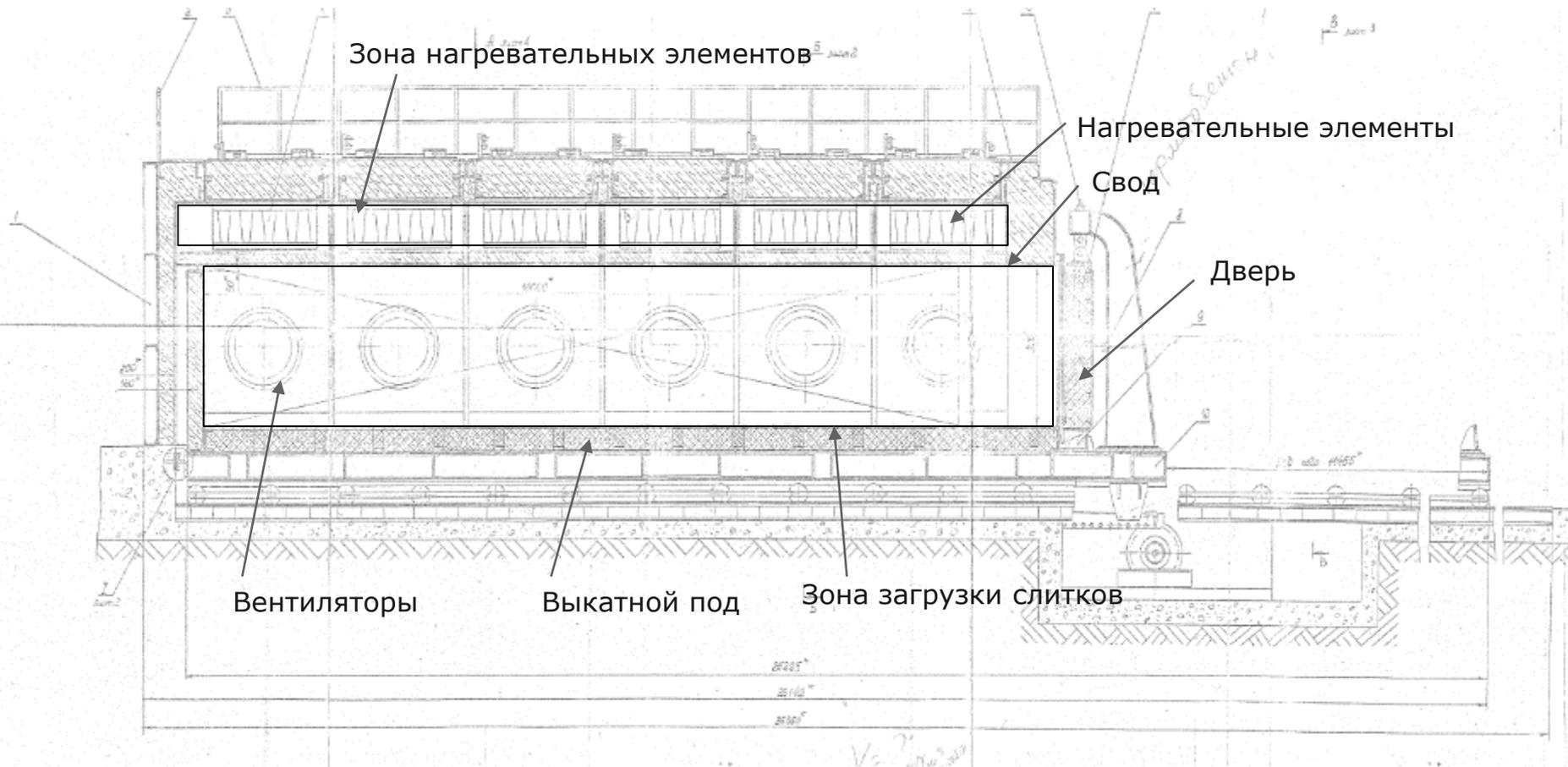


Лист Microsoft
Excel

- акт сверки

2. Аналитический этап

Конструкция печи



Определение главной полезной функции

| Техническая система | Главная функция ТС | Компоненты ТС | Компоненты НС |
|---------------------|---|--|--|
| Печь гомогенизации | Нагревать алюминиевые заготовки и слитки путем преобразования электрической энергии в тепловую. | 1. Корпус печи; 2. Дверь печи с выкадными подом; 3. Вентиляторы; 4. Нагревательные элементы; 5. Свод; 6. Воздух в печи; | 1. Воздух в цехе; 2. Заготовки, столбы; 3. Стелаж. |



Лист Microsoft Excel

- Функциональный анализ

Компонентно-структурный анализ. Матрица взаимодействий элементов.

| | Корпус печи | Дверь печи с выкатным подом | Вентиляторы | Нагревательные элементы | Свод | Воздух в печи | Воздуховод | Воздух в цехе | Заготовки, столбы | Стеллаж |
|-----------------------------|-------------|-----------------------------|-------------|-------------------------|------|---------------|------------|---------------|-------------------|---------|
| Корпус печи | | - | + | + | - | + | + | + | - | - |
| Дверь печи с выкатным подом | - | | - | - | + | + | + | + | - | + |
| Вентиляторы | + | - | | - | - | + | + | + | + | + |
| Нагревательные элементы | + | - | - | | + | + | - | + | - | - |
| Свод | - | + | - | + | | - | + | - | + | + |
| Воздух в печи | + | + | + | + | + | | + | - | + | + |
| Воздуховод | + | + | + | + | + | + | | - | + | + |
| Воздух в цехе | + | + | + | - | - | + | - | | - | - |
| Заготовки, столбы | - | - | - | - | - | - | - | - | | + |
| Стеллаж | - | + | - | - | - | - | + | - | + | |

Функциональная модель печи

| Носитель функции | Функция | | | Тип | Уровень выполнения |
|-----------------------------|------------------------|-------------------|-------------|-----|--------------------|
| | Действие | Объект функции | Параметр | | |
| Корпус печи | Удерживает | Вентиляторы | Координата | П | Адекватная |
| | Удерживает | Нагреватели | Координата | П | Адекватная |
| | Удерживает | Свод | Координата | П | Адекватная |
| | Удерживает | Футеровка | Координата | П | Адекватная |
| | Удерживает | Воздуховод | Координата | П | Адекватная |
| | Удерживает | Воздух в печи | Координата | П | Недостаточная |
| | Нагревает | Воздух в цехе | Температура | Вр | |
| Дверь печи с выкатным подом | Нагревает | Свод | Температура | Вр | |
| | Охлаждает | Воздух в печи | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Воздуховод | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Воздух в цехе | Температура | Вр | |
| | Удерживает | Стеллаж | Координата | П | Адекватная |
| | Нагревает | Стеллаж | Температура | Вр | |
| Вентиляторы | Нагревают | Корпус печи | Температура | Вр | |
| | Перемещают | Воздух в печи | Координата | П | Адекватная |
| | Перемещают (всасывают) | Воздух в цехе | Координата | Вр | |
| | Нагревают | Стеллажи | Температура | Вр | |
| | Нагревают | Заготовки, столбы | Температура | П | Недостаточная |
| | Охлаждают | Воздух в печи | Температура | Вр | |
| Нагревательные элементы | Нагревают | Корпус печи | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Воздух в печи | Температура | П | Недостаточная |
| | Нагревают | Свод | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Воздух в цехе | Температура | Вр | |

Обозначения:

П – полезная функция; Вр – вредная функция

Функциональная модель печи

| Функция | | | | Тип | Уровень выполнения |
|------------------|---------------|-------------------|-------------------|-----|--------------------|
| Носитель функции | Действие | Объект функции | Параметр | | |
| Свод | Нагревает | Дверь с подом | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Нагреватели | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Заготовки, столбы | Температура | П | Недостаточная |
| | Нагревает | Стелаж | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Воздуховоды | Температура | Вр | |
| | Охлаждает | Воздух в печи | Температура | Вр | |
| Воздух в печи | Нагревает | Корпус печи | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Дверь с подом | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Вентиляторы | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Нагреватели | Температура | Вр | |
| | Окисляет | Нагреватели | Количество, масса | Вр | |
| | Нагревает | Свод | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Воздуховоды | Температура | Вр | |
| | Нагревает | Заготовки, столбы | Температура | П | Недостаточная |
| | Нагревает | Стелаж | Температура | Вр | |
| Нагревает | Воздух в цехе | Температура | Вр | | |
| Воздух в цехе | Охлаждает | Корпус печи | Температура | Вр | |
| | Охлаждает | Вентиляторы | Температура | П | Недостаточная |
| | Охлаждает | Дверь с подом | Температура | Вр | |
| | Охлаждает | Воздух в печи | Температура | Вр | |
| Заготовки | Давят | Стелаж | Давление | Вр | |
| Стеллаж | Давит | Дверь с подом | Давление | Вр | |
| | Нагревает | Воздуховод | Температура | Вр | |
| | Удерживает | Заготовки, столбы | Координата | П | Адекватная |

Результаты функционального анализа

Количество функций по уровням выполнения.

| Полезные, основные функции | Полезные, вспомогательные функции | Вредные функции |
|----------------------------|-----------------------------------|-----------------|
| 1 | 14 | 34 |

Статистика функций.

| Количество функций с адекватным уровнем выполнения | Количество функций с недостаточным уровнем выполнения |
|--|---|
| 9 | 5 |

Сформулированные задачи по устранению вредных функций (фрагмент):

1. Как сделать так чтобы корпус печи не нагревал воздух в цехе?
2. Как сделать так чтобы дверь печи с выкатным подом не охлаждала воздух в печи?
8. Как сделать так чтобы вентиляторы не перемещали (всасывали) воздух из цеха в печь?
9. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал корпус печи?
18. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал дверь печи с выкатным подом?
19. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал свод?
22. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал стеллаж?

Полный список задач из функционального анализа (30 задач) приведен на слайдах 60-62.

Механизм захлаживания печи из-за всасывания воздуха по валу вентилятора

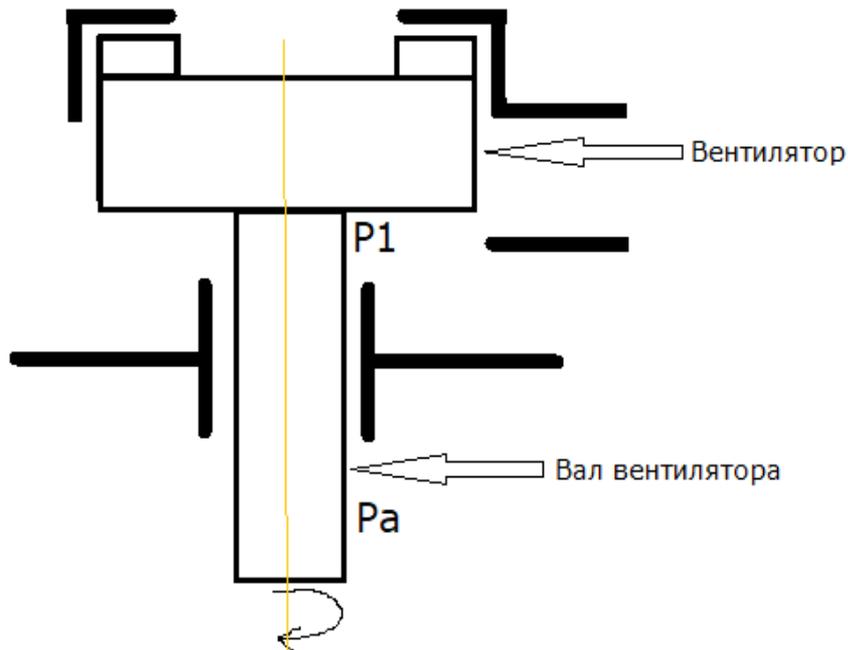


Рисунок – схема вентилятора

P_1 - давление на обратной стороне вентилятора;
 P_a – атмосферно давление в цехе.

Во время вращения диска вентилятора на обратной стороне диска образуется зона пониженного давления.

Т.к. $P_a > P_1$ воздух начинает перемещаться из области высокого давления в область низкого давления вытесняя нагретый воздух из печи в местах плохого примыкания.

Верификация захолаживания печи из-за всасывания воздуха по валу вентилятора

С помощью анемометра измерена скорость всасывания воздуха в печь.

Замеры показали:

1. V всасывания на валах с установленной заглушкой: 1.1 м/с;
2. V всасывания на валах без заглушки от 3.3. до 6.7 м/с.

Расчет объема всасываемого воздуха через 6 вентиляторов на второй печи показал: 6 076.8 м³.

Количество энергии необходимой для его нагрева за садку: 616.2 кВт*ч



Без заглушки



С заглушкой

Потоковый анализ. Режимы печи.

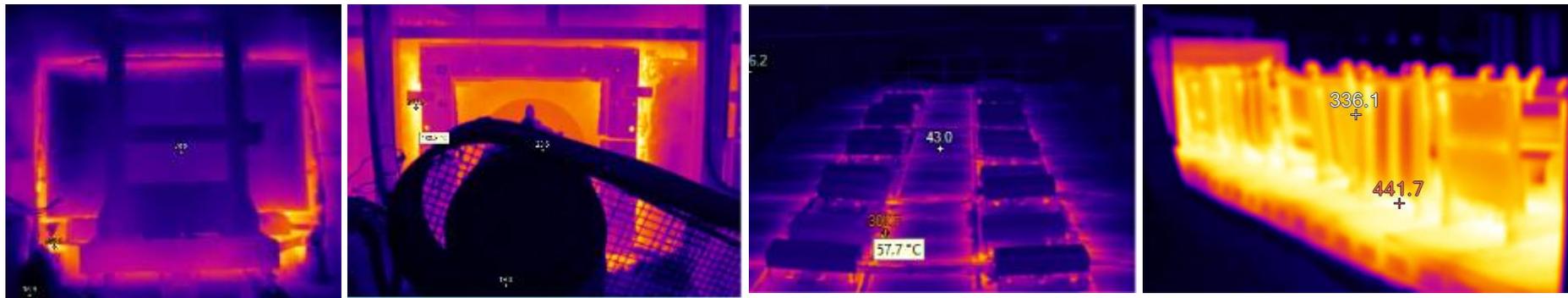
- **Режим нагрева (слитков, заготовок)**, во время которого происходит нагрев садки до температуры гомогенизации. Нагреватели печи работают на полную мощность. Для операций «отжига» затрачиваемое время занимает 4,5 часа, для операций «гомогенизация» 12 часов.
- **Режим гомогенизации (слитков, заготовок)**, во время которого происходит выравнивание структуры металла до однородной, повышается пластичность металла. Время затрачиваемое для операции «гомогенизация» для разных сплавов варьируется от 8 до 24 часов.
- **Режим выгрузки печи** во время которого происходит остывание садки на воздухе, так же остывание печи, так как дверь выезжает с подом (особенности конструкции печи).

Потоковый анализ. Методика оценки тепловых потерь.

Проводилась тепловизионная съемка печи СДОН№2 в режимах нагрева, выдержки и выгрузки.

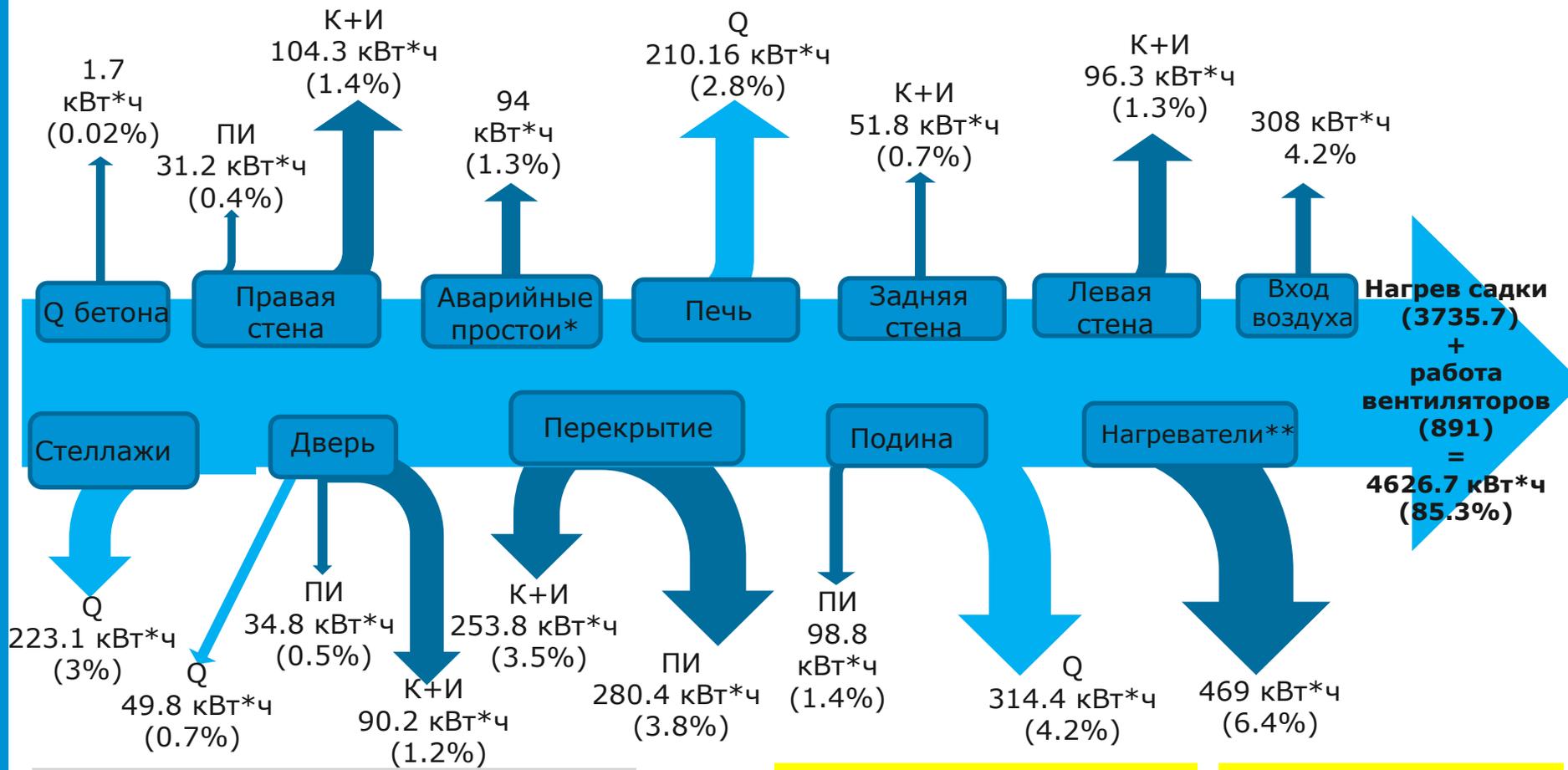
По результатам снимков определена температура на элементах печи: правая, левая стенки, перекрытие, зоны установки нагревателей, задняя стенка, зоны ввода вентиляторов, под, дверь. Зоны ввода термопар. В режиме выгрузки печи определена температура пода, стеллажей, атмосферы печи.

Выявлены зоны наибольших тепловых потерь, проведен расчет конвективных и инфракрасных потерь.



Тепловые потери печи за время режима нагрева (12 часов)

*экспертная оценка
**расчетная величина

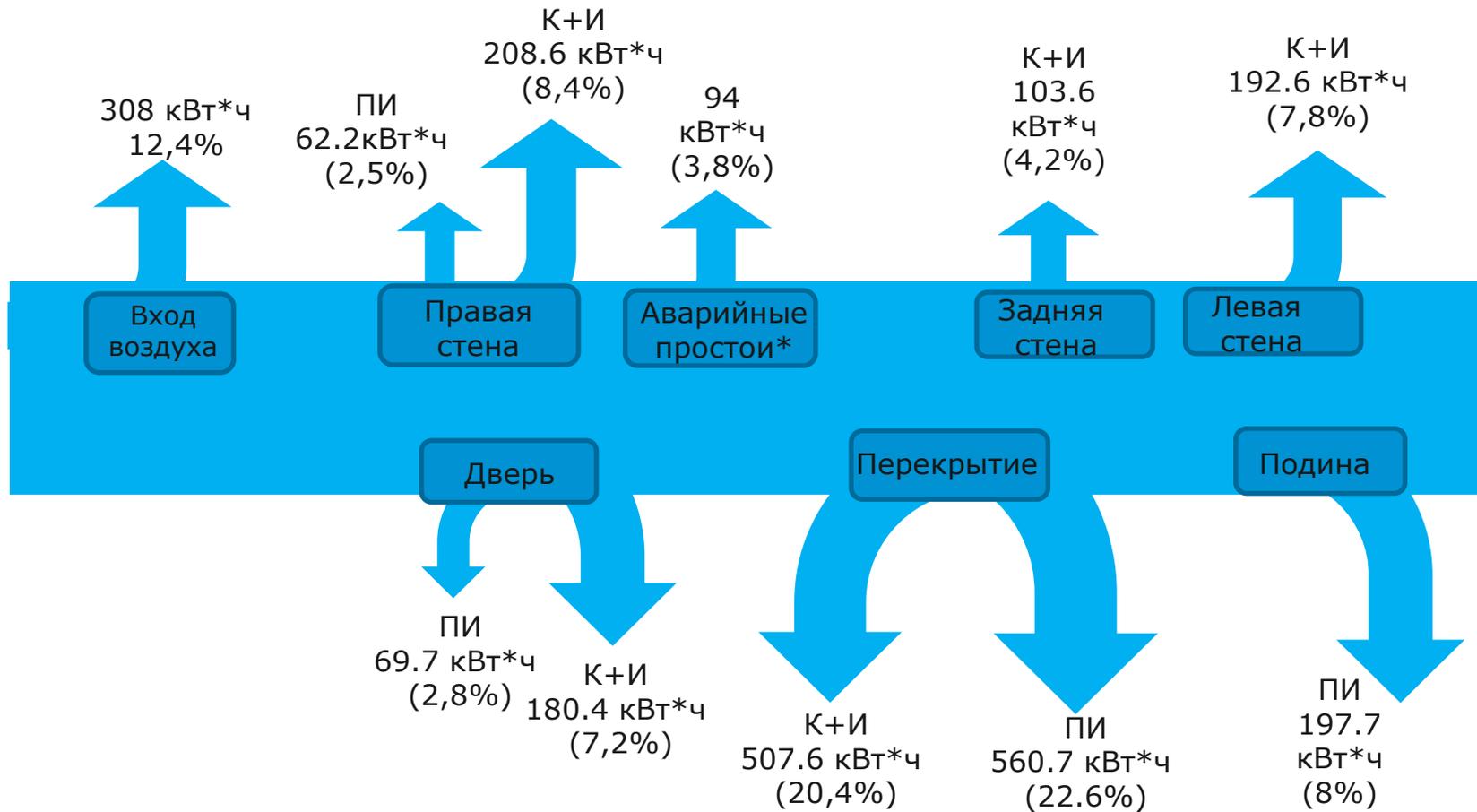


Обозначения:
К+И – потери конвективные и излучением.
ПИ – зоны повышенного излучения тепловой энергии.

Тепловые потери:
2711.8 кВт*ч

Сумма:
7 338.5 кВт*ч

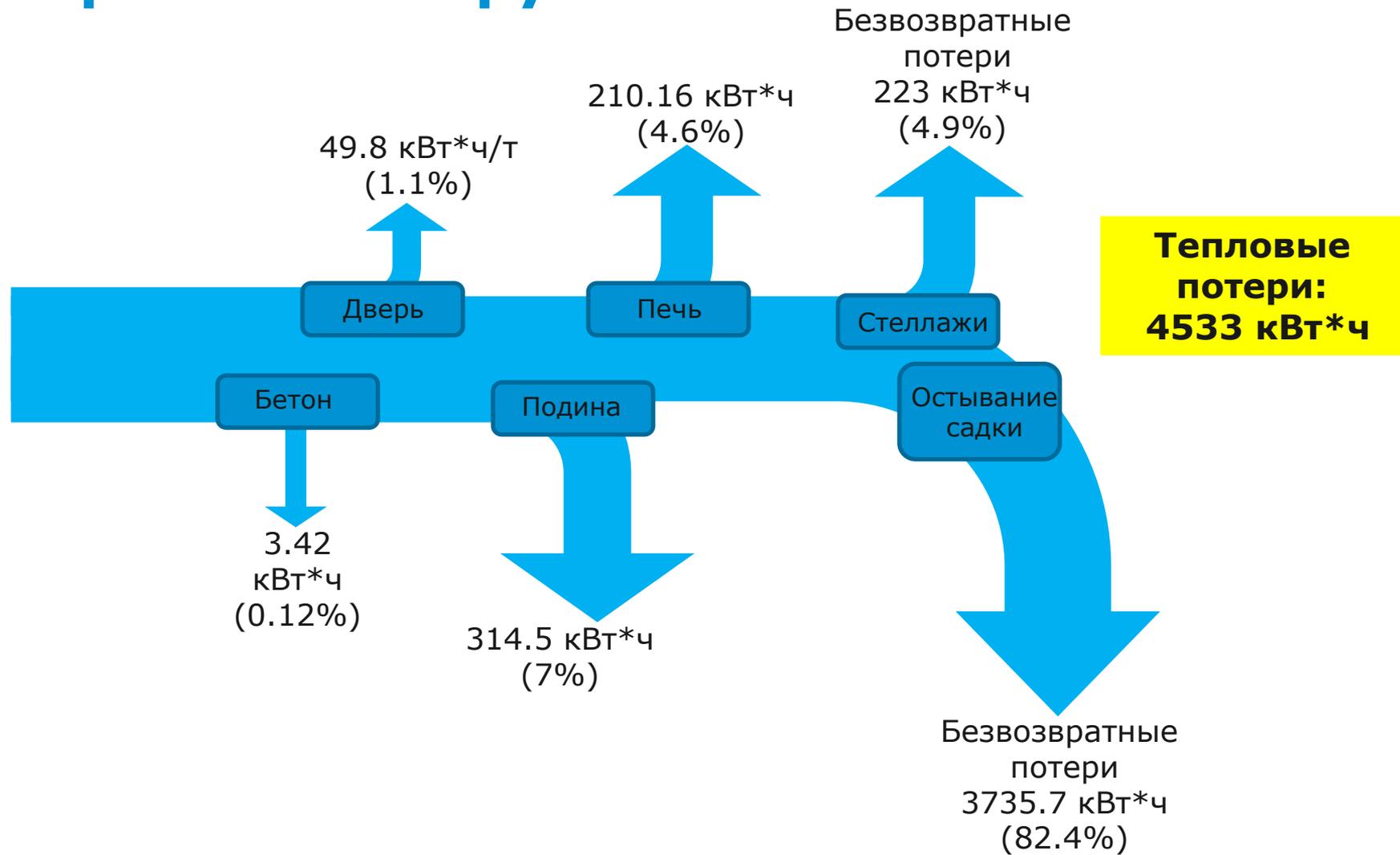
Тепловые потери печи за время режима гомогенизации (13 часов)



*экспертная оценка

**Тепловые потери:
2177,1 кВт*ч**

Тепловые потери печи во время режима выгрузки



Выводы из потокового анализа

1. В режиме нагрева садки имеются минимально необходимые тепловые потери, связанные с теплоемкостью печи, двери, пода **797,6 кВт*ч**, нагрев металла (27т) требует **4626,7 кВт*ч**;
2. Режим нагрева печи является самым энергозатратным. На него приходятся основные тепловые потери **2711,8 кВт*ч**. Суммарные затраты в режиме нагрева составляют **7338,5 кВт*ч**.
3. Тепловые потери в режиме гомогенизации составляют **2177,1 кВт*ч**;
4. В режиме выгрузки печи безвозвратные тепловые потери, связанные с остыванием садки, стеллажей, пода и печи составляют **3958 кВт*ч** (для садки 27т).

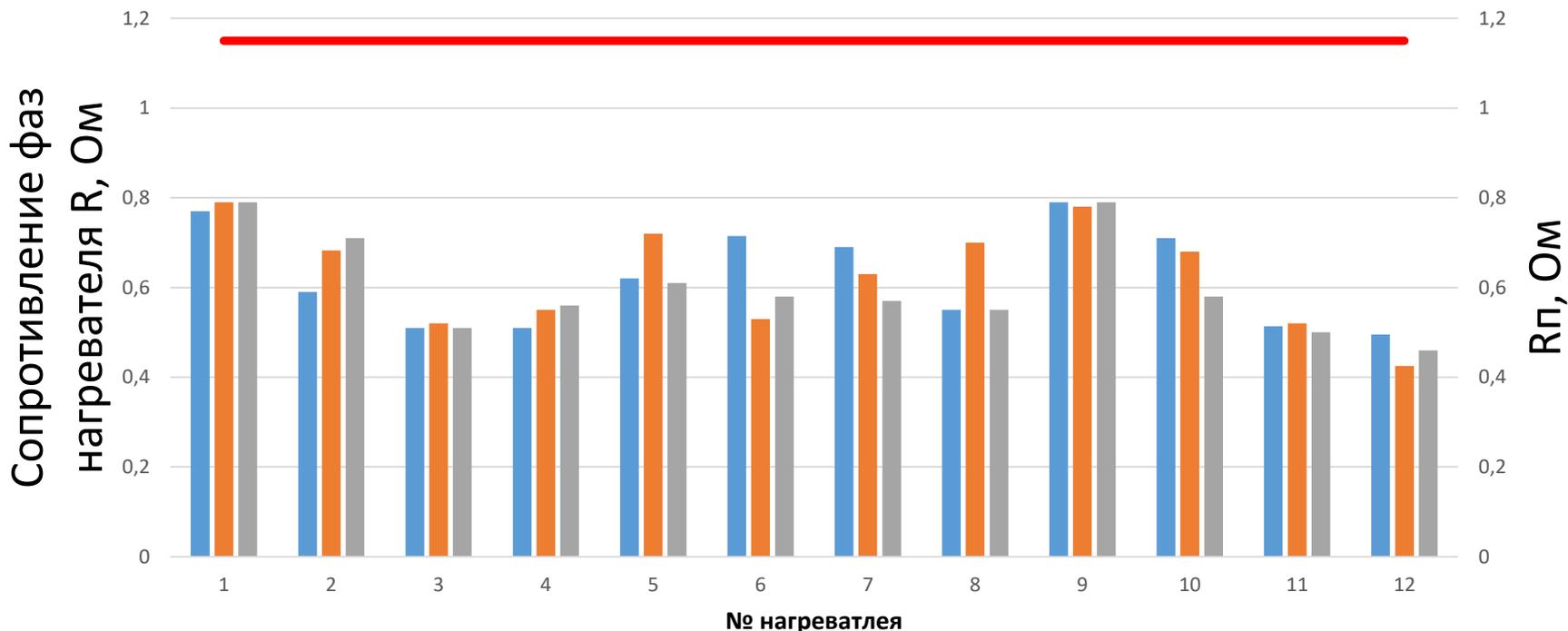
Причинно-следственный анализ



Параметрический анализ. Состояние нагревательных элементов печи №2

| Зона | I, А | U, В | Состояние нагревателей в фазах |
|------|------|------|--------------------------------|
| 1 | 384 | 232 | Исправен |
| | 212 | 233 | Неисправен один элемент |
| | 191 | 235 | Неисправен один элемент |
| 2 | 215 | 235 | Неисправен один элемент |
| | 394 | 232 | Исправен |
| | 372 | 231 | Исправен |
| 3 | 361 | 232 | Исправен |
| | 178 | 235 | Неисправен один элемент |
| | 224 | 232 | Неисправен один элемент |
| 4 | 430 | 231 | Исправен |
| | 425 | 234 | Исправен |
| | 0.2 | 232 | Неисправны оба элемента |
| 5 | 218 | 233 | Неисправен один элемент |
| | 230 | 232 | Неисправен один элемент |
| | 0.16 | 230 | Неисправны оба элемента |
| 6 | 231 | 230 | Неисправен один элемент |
| | 351 | 231 | Исправен |
| | 220 | 231 | Неисправен один элемент |

Параметрический анализ. Измерение омического сопротивления фаз нагревательных элементов печи СДО №1

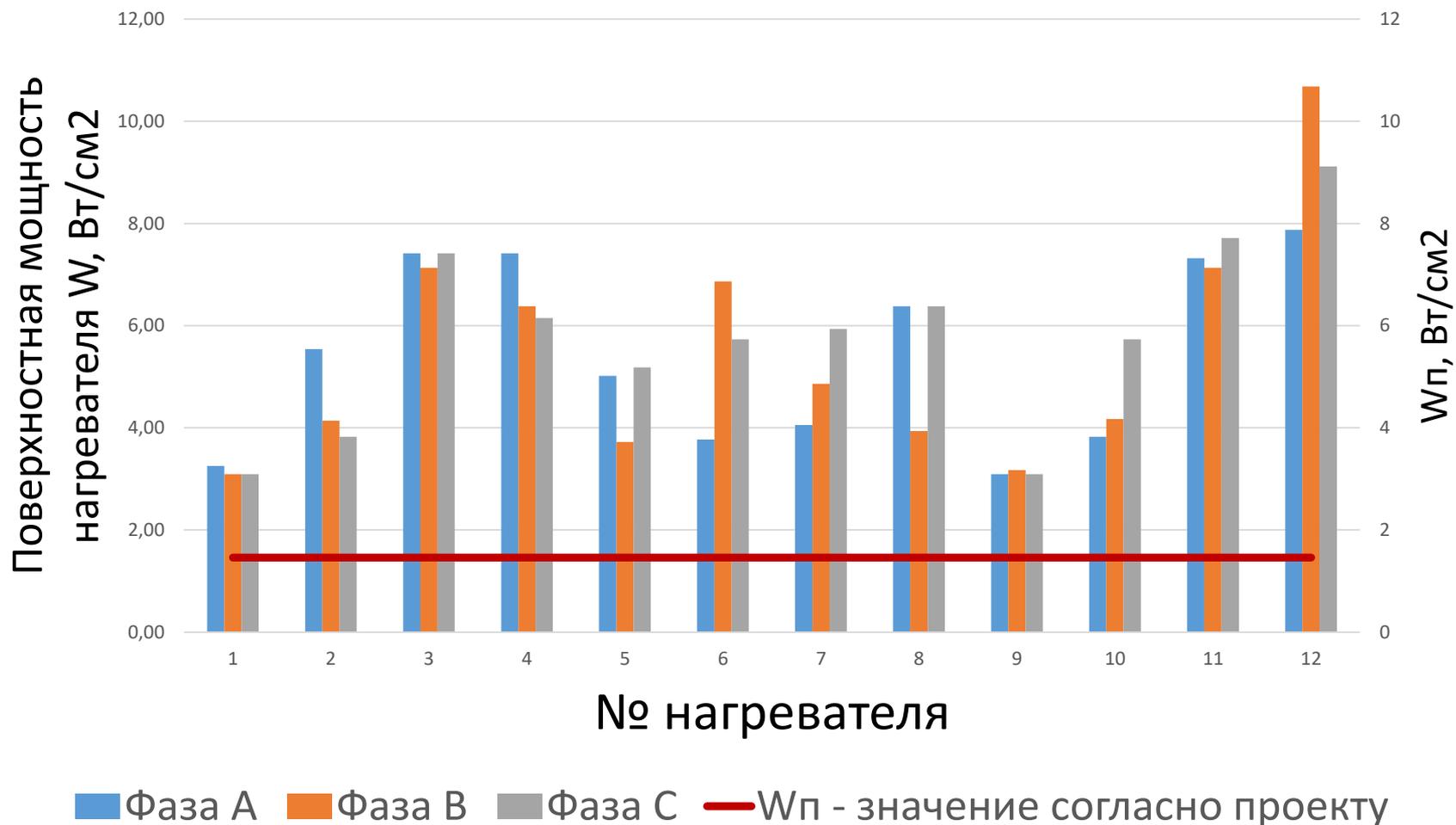


■ Фаза А ■ Фаза В ■ Фаза С — Rп, Ом

Лист Microsoft Excel

- расчеты удельной мощности

Удельная (поверхностная) мощность W нагревательных элементов печи СДО №1



Выводы из параметрического анализа

В результате измерения омического сопротивления нагревателей печи СДО №1, проведенных расчетов выявлено несоответствие технических параметров, указанных в проекте с реальными параметрами печи.

Превышение удельной мощности нагревателя W в сравнении с проектной W_p в 2.1-7.3 раза больше. Это приводит к частым отгораниям наконечников, частому выходу из строя нагревательных элементов, как следствие, резкому падению мощности печи и уменьшению надежности срока службы нагревателей, в конечном счете, к увеличению тепловых потерь.

Подготовлен технический отчет техническому директору для приведения параметров нагревательных элементов к проектным значениям.

Ключевые задачи проекта

Функциональный анализ выявил

30 ключевых задач.

Потоковый анализ выявил

19 ключевых задач.

Параметрический анализ выявил

5 ключевых задач, связанных с нагревателями.

Всего аналитический этап выявил

54 ключевые задачи.

Полный список ключевых задач см. в приложении.

3. Концептуальный этап

Список направлений решения

- 1. Совмещение операций отжига и гомогенизации для цинковой группы (225 т/мес) и сплава Д16 (165 т/мес), диаметры столбов 320-517.**
- 2. Сокращение времени выхода печи на режим гомогенизации.**
 - 2.1. Применение современных футеровочных материалов для снижения тепловых потерь элементов печи (перекрытие, стены, примыкания нагревателей, дверь, зоны ввода термопар и вентиляторов, под), модернизация песочного затвора.
 - 2.2. Приведение параметров нагревателей в соответствии с проектными значениями.
 - 2.3. Модернизация схемы управления мощностью печи в случае выхода из строя нагревателей.
 - 2.4 Устранение захолаживания печи за счет исключения всасывания цехового воздуха в печь по валу вентилятора.
- 3. Рекуперация тепла от горячей садки (прошедшей гомогенизацию) к холодной.**

Объединение операций отжига и гомогенизации для столбов 320-517 диаметров 7й серии и сплава Д16

Техническое противоречие

Предложение объединить операции отжиг и гомогенизация для цинковой группы, но для этого надо разрешить противоречие.

ТП 1: Если просверлить столб до центра и установить термопару, то термопара будет измерять температуру в центре столба, но возрастет трудоемкость установки термопары.

ТП 2: Если не сверлить столб до центра, то не возможно установить термопару и измерить температуру в центре столба, но при этом не возрастает трудоемкость установки термопары.

| | |
|---------------------------------------|------------------|
| Что ухудшается при изменении | 25 |
| Что нужно изменить по условиям задачи | Потери времени |
| 2 Вес неподвижного объекта | 10, 20 35, 26 |

Прием №10 Предварительного действия

- а) заранее выполнить требуемое действие (полностью или хотя бы частично);
- б) заранее расставить объекты так, чтобы они могли вступить в действие без затрат времени на доставку и с наиболее удобного места.

Решение: Увеличить время выдержки для достаточной гомогенизации (в ходе опытной работы). Увеличить скорость теплообмена за счет установки в стеллажи проставок с углублениями, с заданным расстоянием между столбами (увеличение продуваемости поверхности столбов по горизонтальному и вертикальному направлениям).

Оценка экономической эффективности

Для цинковой группы при загрузке 2700 т/год (320, 370 и 517 диаметры) и дюралевой группы (диаметр 370 (40т/мес) и 517 (100-150т./мес); всего 2000 т/год. Ожидаемая экономия составит **1 млн. руб./год.**

| Было | | | | Стало | |
|------------------------------|----------------------|-----------------------------|---------------------------------------|----------------------------|--------------------------------------|
| Разогрев 4,5 ч., КВт*ч | Отжиг 3 ч., КВт*ч | Разогрев, 12ч., КВт*ч | Гомогени зация, 12 ч., КВт*ч | Разогрев 12ч., КВт*ч | Гомогени зация, 12ч., КВт*ч |
| 2752 | 544 | 7338,5 | 2177 | 7338,5 | 2177 |
| 12811,5 | | | | 9515,5 | |

Составлен план опытной работы, выполнена верификация.

Повышение надежности нагревателей

Нежелательный эффект:

Нагреватели работают в форсированном режиме. Превышение мощности с 1 кв. см. составляет 2-5 раз. Это приводит к частым сгораниям нагревателей, отгоранию наконечников и резкому падению мощности, в конечном счете, к увеличению тепловых потерь печи.

Предложение:

Разработана схема перекоммутации нагревателей в случае сгорания одного. Предлагается привести параметры нагревателей (сопротивление, длина) к проектным значениям. Подготовлен отчет на имя технического директора. Предлагается ввести световую индикацию нагревателя в случае его перегорания.

Ожидаемый эффект: повышение надежности работы нагревателей, исключение частых отгораний наконечников, выравнивание градиента температур печи, повышение качества гомогенизации, снижение времени нагрева печи, снижение тепловых потерь.



Корзина нагревателя

Наконечник нагревателя

Экран для предотвращения потери тепловой энергии в режиме выгрузки печи

Нежелательный эффект:

В режиме выгрузки печи происходит потеря тепловой энергии через открытую дверь. Среднее время ожидания печи до следующей загрузки составляет от 20 минут до нескольких часов.

Предложение:

Предлагается для предотвращения потерь тепловой энергии смонтировать к тыльной стороне пода стальной экран с теплоизоляционным покрытием. Альтернативный вариант – поднимающееся термоодеяло из теплоизоляционного материала, откатываемое приводом на верх печи.

Ожидаемый эффект: исключение тепловых потерь при выгрузке садки.

Прием №2 Динамичности

б) Разделить объект на части, способные перемещаться относительно друг друга.



Увеличение тепломассообмена за счет поворота корзин на 90 градусов

Нежелательный эффект:

Неэффективный тепломассообмен между горячим воздухом и заготовками. Горячий воздух дует в стенку корзины. Длительное время разогрева заготовок.

Предложение:

Предлагается с целью повышения эффективности тепломассообмена повернуть корзины на 90 градусов, торцами заготовок к горячему воздушному потоку, четыре ряда по 2 корзины. Для более эффективного тепломассообмена требуется предусмотреть зазоры между рядами заготовок.

Ожидаемый эффект: снижение времени разогрева печи, снижение тепловых потерь.



Направление движения воздуха (применяемое)

Применение шиберов для гомогенизации малого числа корзин

Прием №2 Дробление

а) разделить объект на части

Нежелательный эффект:

Для гомогенизации 1-4 корзин включается вся печь, что приводит к тепловым потерям.

Предложение:

Предлагается для предотвращения потерь тепловой энергии при гомогенизации малого числа корзин отсекал пространство печи над корзинами, за счет закрывания металлическими шиберами.

Открывающийся шибер



Ожидаемый эффект: снижение тепловых потерь при гомогенизации 1-4 корзин.

Снижение тепловых потерь через затвор двери

Нежелательный эффект:

Неэффективное уплотнение каолиновой ватой затвора двери печи, Потери тепловой энергии 105 кВт*ч.

Предложение:

Предлагается с целью снижения тепловых потерь применить теплоизолятор keramo blanket с пружинящими свойствами, расположенный на корпусе печи и на двери. Дверь во время наезда прижимает теплоизоляционные блоки на внутренней стороне печи.

Ожидаемый эффект: исключение тепловых потерь через дверь печи, снижение времени разогрева печи.



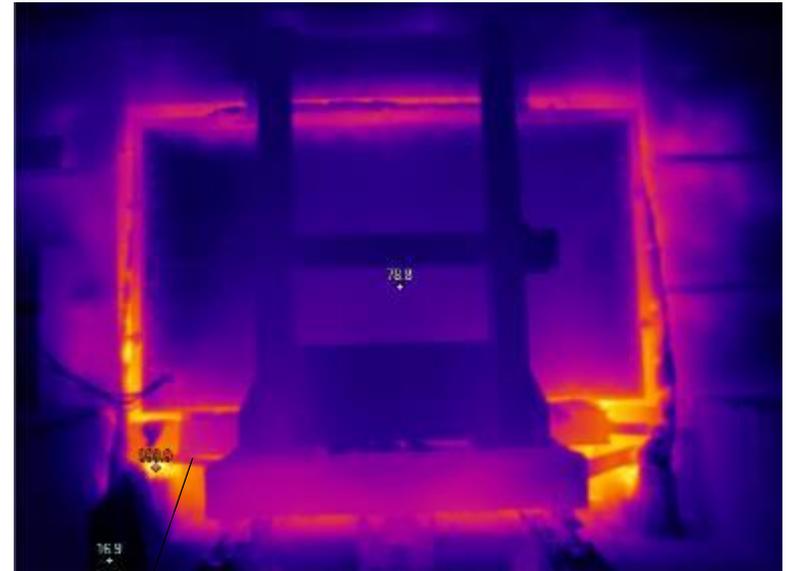
Восстановление работы песочного затвора

Нежелательный эффект:

Существующая конструкция песочного затвора работает неэффективно. Тепловые потери составляют 296 кВт*ч

Предложение:

Предлагается с целью снижения тепловых потерь восстановить работу песочного затвора. Применить опыт европейской компании SecoWarwick. Рама песочного затвора выполняется с пневмоцилиндрами.



Тепловые потери из-за неэффективности песочного затвора. Температура 400С.

Ожидаемый эффект: снижение тепловых потерь через песочный затвор, снижение времени разогрева печи.

Модернизация футеровки примыканий нагревательных элементов и перекрытия

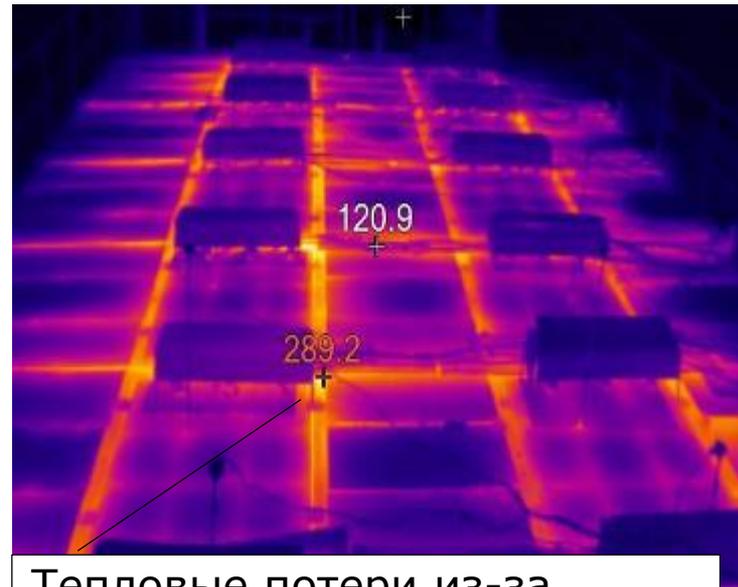
Нежелательный эффект:

Значительные тепловые потери присутствуют в зонах примыканий нагревателей и в перекрытии печи. Тепловые потери примыканий составляют 841 кВт*ч, перекрытия 761 кВт*ч.

Предложение:

С целью снижения тепловых потерь применить дополнительный теплоизоляционный слой сверху печи (быстроразъемные маты, например, вермикулитовая плита). Для снижения потерь через примыкания применить 2-3 уровневую чеканку термошнуром.

Ожидаемый эффект: снижение тепловых потерь через примыкание нагревателей, перекрытие, снижение времени разогрева печи.



Тепловые потери из-за
Температура в зонах
примыканий нагревателей
достигает 300С.

Устранение захлаживания печи за счет исключения всасывания цехового воздуха в печь по валу вентилятора.

Нежелательный эффект:

Значительные тепловые потери происходят из-за всасывания холодного воздуха по валу вентилятора. Тепловые потери составляют 616 кВт*ч для 6 вентиляторов.

Предложение:

С целью устранения всасывания холодного воздуха в печь применить уплотнители на валу вентиляторов.

Ожидаемый эффект: снижение тепловых потерь, связанных с всасыванием воздуха по валу вентилятора, снижение времени нагрева печи.



Всасывание потока холодного воздуха по валу вентилятора в печь, скорость 3-5 м/с.

Устранение тепловых потерь в зонах примыкания вентиляторов.

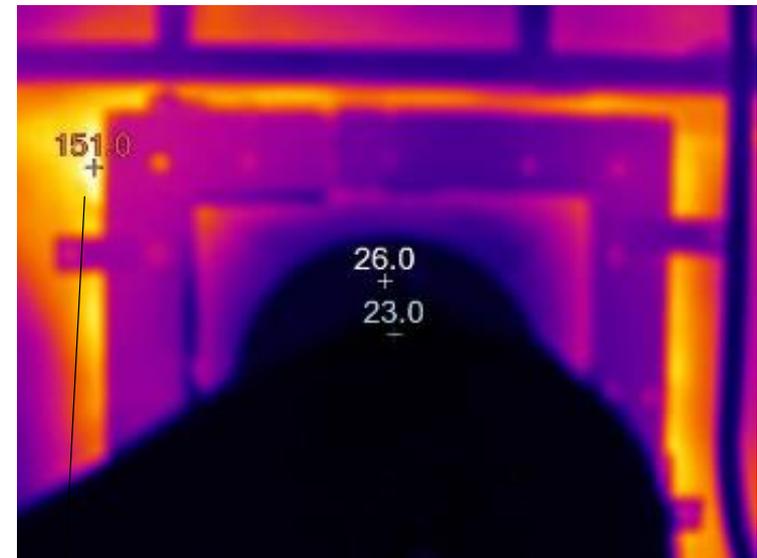
Нежелательный эффект:

Тепловые потери присутствуют в зонах примыканий вентиляторов (6 шт.). Средняя температура составляет 150С. Тепловые потери примыканий вентиляторов составляют 558 кВт*ч. для 6 вентиляторов

Предложение:

С целью устранения тепловых потерь в зонах примыканий вентиляторов применить дополнительные короба с теплоизоляционным материалом, термошнур.

Ожидаемый эффект: снижение тепловых потерь через зоны примыкания нагревателей, сокращение времени режима нагрева печи.



Примыкание
вентилятора

Вентилятор

Рекуперация тепла между садками (перспективное направление)

Нежелательный эффект:

При остывании корзин с металлом безвозвратные потери составляют 3735 кВт*ч

Предложение:

Предлагается с целью снижения тепловых потерь передавать тепло от горячего гомогенизированного металла холодному. Для этого корзины выстраиваются на поде по принципу горячий-холодный-горячий. Включаются вентиляторы и тепло передается холодному металлу. По достижении выравнивания температур горячих и холодных корзин гомогенизированная садка выгружается, а оставшиеся корзины гомогенизируются согласно ТИ.

Ожидаемый эффект: 1,7 млн. руб./год для сплава Д16.



Выбор футеровочных материалов

Техническое противоречие

ТП 1: Если использовать материал с низкой теплопроводностью, то снижается тепловые потери, но уменьшается прочность материала.

ТП 2: Если использовать материал с высокой теплопроводностью, то увеличивается прочность, но и увеличивается теплопроводность.

| | |
|---------------------------------------|-------------|
| Что ухудшается при изменении | 17 |
| Что нужно изменить по условиям задачи | Температура |
| 27 Надежность | 3, 35 10 |

3. Принцип местного качества

- а) перейти от однородной структуры объекта или внешней среды (внешнего воздействия) к неоднородной;
- б) разные части объекта должны выполнять различные функции;
- в) каждая часть объекта должна находиться в условиях, наиболее благоприятных для ее работы.

Необходимо подобрать футеровочный материал к каждой зоне печи (затвор двери, примыкание нагревателей, перекрытие, примыкание вентиляторов, под) согласно температурным параметрам, геометрической форме, требуемых свойств, объемов, которые необходимы для данных участков.

Бенчмаркинг предложений

| № | Задача | Тепловые потери на садку, кВт*ч | Предложения | Срок реализации, мес. | Затраты на 1 печь, млн. руб. | Ожидаемый ЭЭ для 1 печи, млн. руб/год |
|---|---|---|--|--|------------------------------|---------------------------------------|
| 1 | Как снизить тепловые потери, связанные с остыванием садки во время операции выгрузка/загрузка? | 3296 | Совмещение операций отжиг и гомогенизация слитков 2 и 7 серии диаметром 320-517 мм. | 4 Проведен эксперимент, подготовливается отчет. | - | 1 |
| 2 | Как исключить частые перегорания нагревателей? | 100-1000 | Приведение параметров нагревателей к проектным значениям. Модернизация схемы перекоммутации нагревателей в случае сгорания одного нагревателя. Введение световой индикации нагревателей. | 6 Подготовлен технический отчет по результатам замера R | 0,1-0,25 уточняются | 0,25 уточняются |
| 3 | Как снизить тепловые потери в зонах примыкания нагревателей? Как снизить тепловые потери перекрытия, связанные с теплоизоляцией? | Тепловые потери примыканий нагревателей составляют 841 кВт*ч, перекрытия 761 кВт*ч. | Применить теплоизоляционный шнур для примыканий нагревателей. Применить дополнительный теплоизоляционный слой сверху печи (съёмные рулонные маты) | 7 | 0,15-0,25 уточняются | 0,25 уточняются |

Бенчмаркинг предложений

| № | Задача | Тепловые потери на садку, кВт*ч | Предложения | Срок реализации, мес. | Затраты на 1 печь, млн. руб. | Ожидаемый ЭЭ для 1 печи, млн. руб/год |
|---|---|---------------------------------|--|-----------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| 4 | Как снизить тепловые потери, связанные с остыванием печи в режиме выгрузки? | 300-500 | Предлагается для предотвращения потерь тепловой энергии смонтировать к тыльной стороне пода стальной экран с теплоизоляционным покрытием или термоодеяло, откатывающееся на верх печи. | 7 | 0,15-0,3 уточняются | 0,1 уточняются |
| 5 | Как снизить захлаживание печи за счет всасывания воздуха по валу вентилятора? | 300-500 | Применить уплотнители на валу вентиляторов. | 7 | 0,06 уточняются | 0,1 уточняются |
| 6 | Как снизить тепловые потери в зонах примыкания вентиляторов? | 558 | Применить дополнительные короба с теплоизоляционным материалом, термошнур. | 7 | 0,15-0,25 уточняются | 0,1 уточняются |
| 7 | Как снизить тепловые потери через затвор двери? | 296 | Модернизация затвора двери. Применить теплоизоляционные блоки keramo blanket | 7 | 0,15 | 0,1 уточняются |

Бенчмаркинг предложений

| № | Задача | Тепловые потери на садку, кВт*ч | Предложения | Срок реализации, мес. | Затраты на 1 печь, млн. руб. | Ожидаемый ЭЭ для 1 печи, млн. руб/год |
|--|---|---------------------------------|---|-----------------------|------------------------------|---------------------------------------|
| 8 | Увеличение тепломассообмена за счет поворота корзин на 90 градусов | 100 | Повернуть корзины на 90 градусов, торцами заготовок к горячему воздушному потоку, четыре ряда по 2 корзины. | 7 | - | 0,1 уточняются |
| 9 | Как снизить тепловые потери через песочный затвор? | 300-500 | Восстановление работы песочного затвора. Модернизация с применением пневмоподъемного механизма. | 19 | 0,25-0,35 уточняются | 0,1 уточняются |
| 10 | Как снизить безвозвратные тепловые потери во время остывания садки? | 3735 | Рекуперация тепла между садками для заготовок сплава Д16. | 19 | 0-1 уточняются | 1,8 уточняются |
| <p align="center">ИТОГО, ожидаемый эффект, млн. руб. : 1,1 для одной печи, 5,5 для 5 печей 1 - (отжиг+гомогенизация), 1,8 (рекуперация) Общий ожидаемый эффект 6,5 млн. руб + 1,8 (рекуперация)</p> | | | | | | |

Спасибо за внимание!



www.rusal.com
www.aluminiumleader.com

Штаб-квартира в Москве:

Россия, 121096, г. Москва
ул. Василисы Кожиной, д.1,
деловой центр «Парк Победы»
Телефоны: +7 (495) 720-51-70
 +7 (495) 720-51-71
Факс: +7 (495) 745-70-46

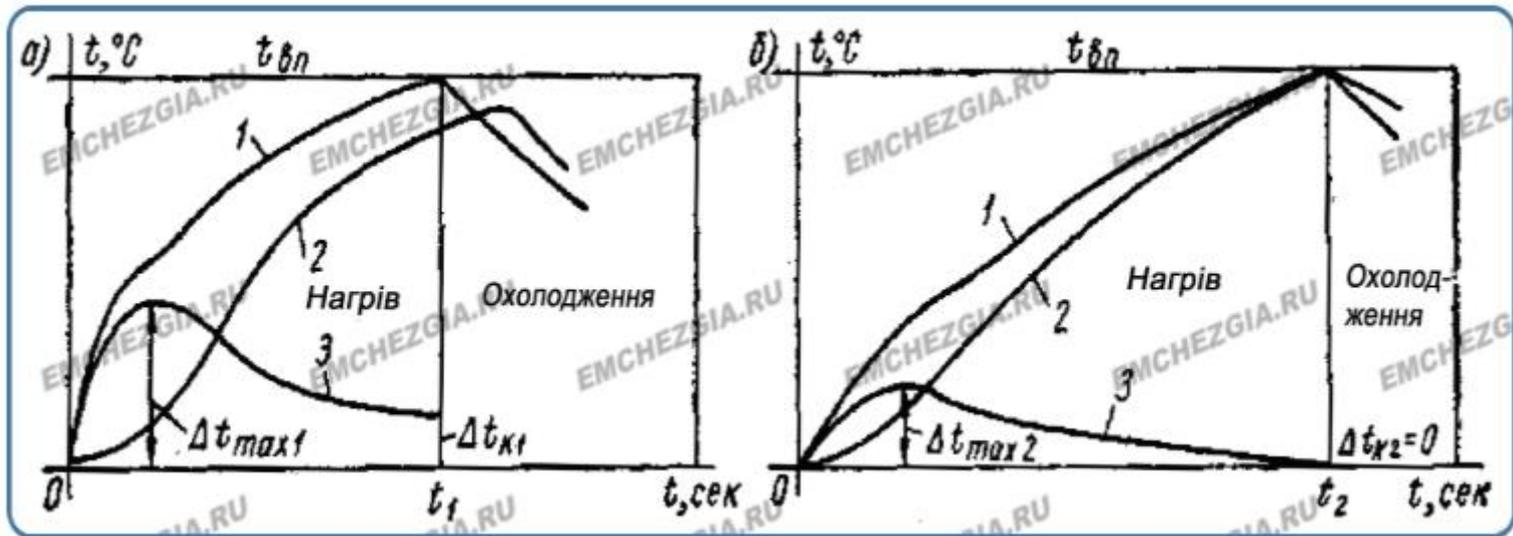
Для клиентских запросов:

RUSAL Marketing GmbH,
Metalli Center Baarerstrasse 22
6300 Zug Switzerland
Телефон: +41 (41) 560 98 00
Факс: +41 (41) 560 98 01
E-mail: info-zug@rusal.com

**Объединение операций отжига и
гомогенизации для столбов 320-517
диаметров 7й серии и сплава Д16**

Теоретические основы гомогенизации

На рисунке приведены графики нагрева столба металла в режиме повышенной мощности а) и в номинальном режиме нагрева б). Кривая 1 описывает температуру на поверхности, кривая 2 в центре столба.



В режиме повышенной мощности разность температур между периферией и центром больше, чем номинальном режиме. Для достижения гомогенизации требуется более длительное время нагрева и выдержки столбов.

Теоретические основы гомогенизации

Время нагрева в печах заготовок и слитков большого сечения может быть определено по эмпирической формуле:

$$\tau = kca\alpha\sqrt{d}$$

где k - коэффициент, учитывающий теплофизические свойства металла, для низкоуглеродистых и низколегированных сталей равен 10, для высокоуглеродистых и высоколегированных сталей 20; d - диаметр или сторона квадрата заготовки в м; a - коэффициент, учитывающий расположение заготовок на поду печи; значение его приведено на рисунке.

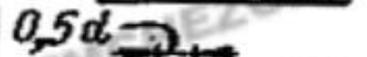
| | α | | α |
|--|----------|---|----------|
|  | 1 |  | 1 |
|  | 1 |  | 1,4 |
|  | 2 |  | 4 |
|  | 1,4 |  | 2,2 |
|  | 1,3 |  | 2 |
| | |  | 1,8 |

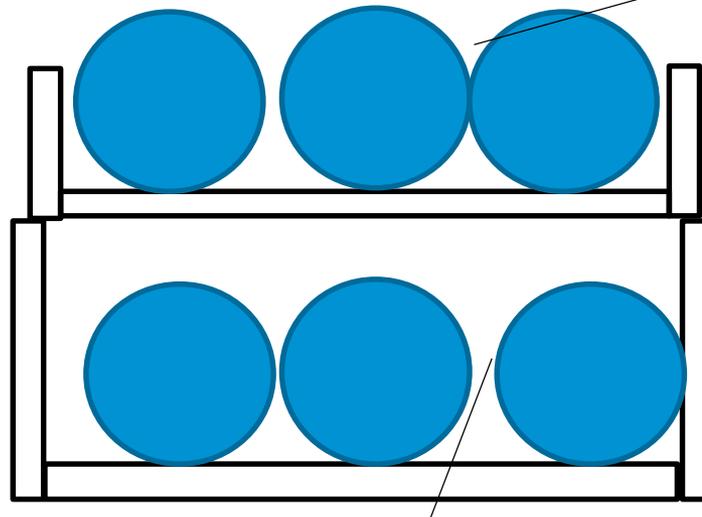
Рисунок. Значение коэффициента α .

Существующая схема закладки столбов 7й серии, 517й, 65-70% заказов

БЫЛО:

Корзина с
низким бортом

Корзина с
высоким бортом



Общее расстояние между
столбами 25 см

517й диаметр – 12 шт,
Садка **33,6 т.**

Общее расстояние между
столбами 45 см

Технология: отливка 6 столбов – ожидание -следующей отливки 6 часов – отжиг 7-8 часов – резка – гомогенизация. НЭ – трещат после 4х часов, выход годного 70%.

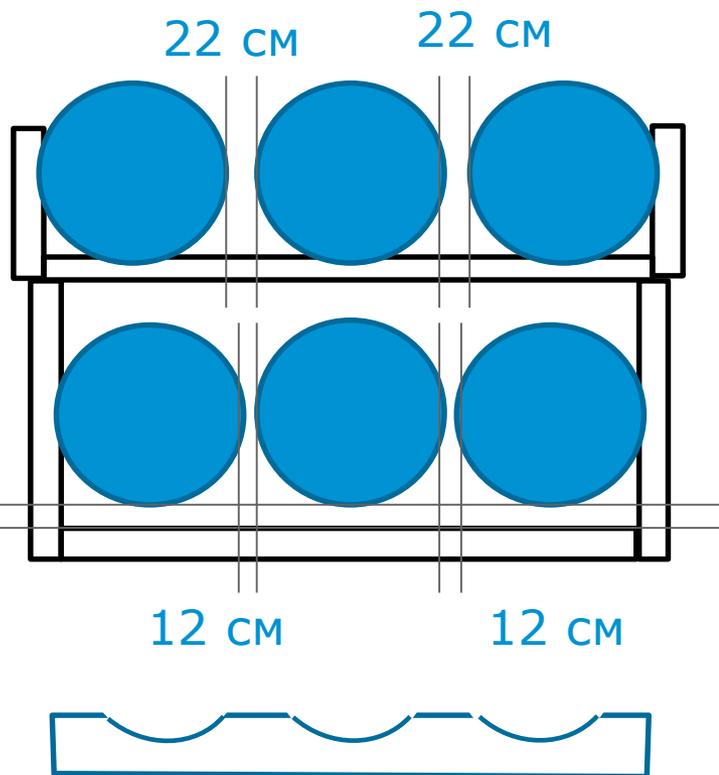
Предлагаемая схема закладки столбов 7й серии, 517 мм

СТАЛО:

Корзина с
низким бортом

Корзина с
высоким бортом

5 см



517й диаметр – 12 шт,

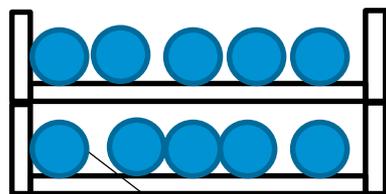
Садка - 33,6 т.

На дно корзины укладывается проставка высотой 50 мм с лунками под радиус столба и заданным расстоянием между столбами. Отлитая садка накрывается теплоизолятором для ожидания следующей партии.

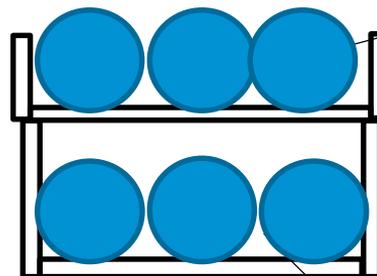
Технология стало: отливка 6 столбов + отливка 6 столбов (или отливка 12-16 столбов) – отжиг + гомогенизация. Для 4х столбов требуются дополнительные стеллажи.

Схема закладки столбов 7й серии, 320, 517 диаметры

БЫЛО:



+



Общее расстояние между столбами 25 см

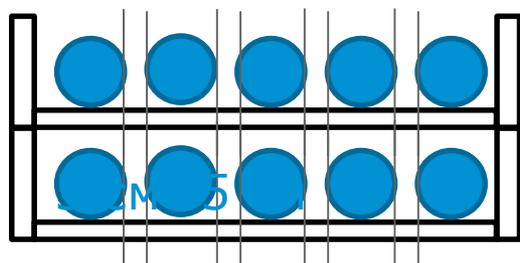
320й диаметр – 10 шт, 11т.

517й – 16,8 т. всего **27,8 т.**

Общее расстояние между столбами – 20 см

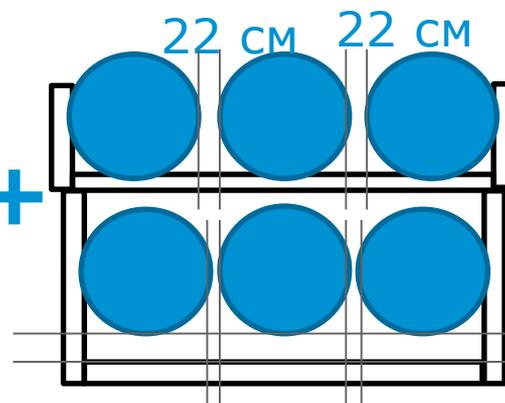
Общее расстояние между столбами 45 см

СТАЛО:



5 см 5 см 5 см 5 см

+



12 см 12 см

На дно корзин укладывается проставка высотой 50 мм с лунками под радиус столба и заданным расстоянием между столбами. Отлитая садка накрывается теплоизолятором для ожидания следующей партии.

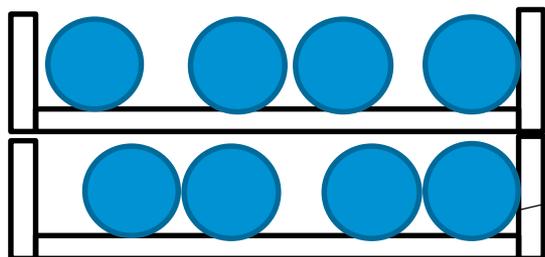


Технология было: отливка 10 столбов 320 + 6 столбов 500– отжиг 7-8 часов – резка - гомогенизация

Технология стало: отливка 10 столбов 320 + ожидание - отливка 6 столбов 500– отжиг + гомогенизация

Схема закладки столбов 7й серии, 370 диаметр

БЫЛО:

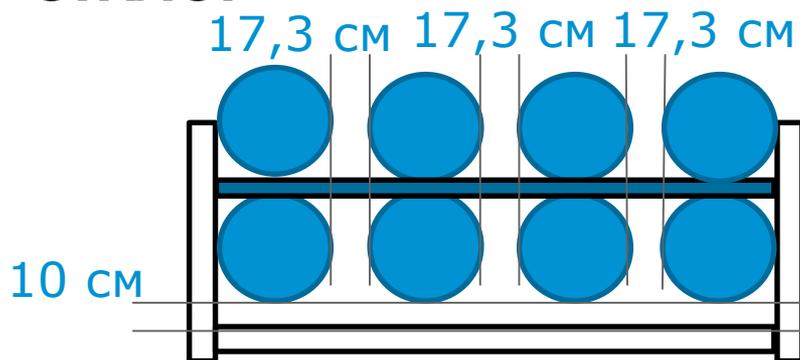


370й диаметр – 16 шт

23,2 т.

Общее расстояние между столбами – **52 см**

СТАЛО:



На дно корзин и между слоями укладывается проставка высотой 50 мм с лунками под радиус столба и заданным расстоянием между столбами.



Технология было: отливка 8 столбов + ожидание + 8 столбов – отжиг 7-8 часов – резка – гомогенизация.

Технология стало: отливка 8 столбов + ожидание - отливка 8 столбов – отжиг+гомогенизация.

Функциональный анализ

Функциональный анализ

- Имеется садочная печь (СДО-35), в которой проводится гомогенизация партии слитков или литейных заготовок. Процесс циклический, упрощенно его можно разбить на два основных этапа – нагрев садки до температуры гомогенизации и выдержка при этой температуре заданное время.
- Нагрев садки в пространстве печи осуществляется за счет принудительной циркуляции горячего воздуха, тепло которому передается от электронагревателей.
- Ситуация, в которой проведен функциональный анализ: выдержка садки при температуре заданное время. Например, нагрев садки 27 т. до температуры по металлу 480-500 °С и выдержка металла 12 часов в данной температуре.

Ключевые задачи из функционального анализа

1. Как сделать так чтобы корпус печи не нагревал воздух в цехе?
2. Как сделать так чтобы дверь печи с выкатным подом не нагревала свод?
3. Как сделать так чтобы дверь печи с выкатным подом не нагревала воздуховод?
4. Как сделать так чтобы дверь печи с выкатным подом не нагревала воздух в цехе?
5. Как сделать так чтобы дверь печи с выкатным подом не охлаждала воздух в печи?
6. Как сделать так чтобы дверь печи с выкатным подом не нагревала стеллаж?
7. Как сделать так чтобы вентиляторы не нагревали корпус печи?
8. Как сделать так чтобы вентиляторы не перемещали воздух в цехе в печь?
9. Как сделать так чтобы вентиляторы не нагревали стеллажи?
10. Как сделать так чтобы вентиляторы не нагревали воздух в цехе?
11. Как сделать так чтобы вентиляторы не охлаждали воздух в печи?
12. Как сделать так чтобы свод не нагревал дверь печи с выкатным подом?
13. Как сделать так чтобы свод не нагревал нагревательные элементы?
14. Как сделать так чтобы свод не нагревал стеллаж?
15. Как сделать так чтобы свод не нагревал воздуховоды?

Ключевые задачи из функционального анализа

16. Как сделать так чтобы свод не охлаждал воздух в печи?
17. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал корпус печи?
18. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал дверь печи с выкатным подом?
19. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал вентиляторы?
20. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал нагревательные элементы?
21. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал свод?
22. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал воздуховоды?
23. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал стеллаж?
24. Как сделать так чтобы воздух в печи не нагревал воздух в цехе?
25. Как сделать так чтобы воздух в цехе не охлаждал корпус в печи?
26. Как сделать так чтобы воздух в цехе не охлаждал дверь печи с выкатным подом?

Ключевые задачи из функционального анализа

27. Как сделать так чтобы воздух в цехе не охлаждал воздух в печи?
28. Как сделать так чтобы заготовки не давили на стеллаж?
29. Как сделать так чтобы стеллаж не давил на верь с выкатным подом?
30. Как сделать так чтобы стеллаж не нагревал воздуховоды?

Потоковый анализ.

Потоковый анализ. Расчет тепловых потерь.

| Режим нагрева | Режим поддержания | Разгрузка, остывание |
|---|---|---|
| t нагрева печи – 13 ч; | t выдержки – 12 ч; | t интервал между садками – 6 ч; |
| T окр. Среды – 15 С; | k теплоперед. сталь-воздух – 25 Вт/м ² *К | T al – 500 С |
| m садки – 27 т; | Пост. Больцмана – 5.67Вт/м ² *К ⁴ | c (al) при T 20С и 540С, Дж/(кг*С)– 1029 |
| m стеллажа – 0.7 т. | k эмиссии поверхн. (серый цвет) – 0.3 | c (сталь) (Дж/кг*К) - 460 |
| Среднее кол-во стеллажей за садку – 6 шт. | | c (воздуха) (при 300 гр), Дж/кг*град – 1047 |
| Кол-во садов в месяц – 23 шт. | | |

При снижении мощности нагрева до 50% от проектной, время выхода печи на режим выдержки увеличится в 2.3 раза, соответственно, увеличиваются тепловые потери.

При снижении мощности нагрева до 50% от проектной тепловые потери печи за время выхода на режим увеличатся в 2.4 раза. В случае ухудшения теплоизоляции печи тепловые потери увеличатся по сравнению с первым вариантом в 3.3 раза.



Лист Microsoft
Excel

- расчеты потоковой модели



Adobe Acrobat
Document

- расчет нагревателей

Ключевые задачи из потокового анализа

Режим «нагрев печи»

1. Как снизить тепловые потери, связанные с нагревом пода?
2. Как снизить тепловые потери в зонах примыкания нагревателей?
3. Как снизить тепловые перекрытия?
4. Как снизить тепловые потери, связанные с нагревом печи?
5. Как снизить тепловые потери в правой стенке?
6. Как снизить тепловые потери в зонах затвора подины?
7. Как снизить тепловые потери левой стенки печи?
8. Как снизить тепловые потери от поверхности двери?
9. Как снизить количество аварийных простоев?
10. Как снизить тепловые потери задней стенки печи?
11. Как снизить тепловые потери, связанные нагревом двери?
12. Как снизить тепловые потери примыкания двери?
13. Как снизить тепловые потери зон вентиляторов правой стенки печи?
14. Как снизить тепловые потери основания печи?

Ключевые задачи из потокового анализа

Режим «гомогенизация»

1. Как снизить тепловые потери в зонах примыкания нагревателей?
2. Как снизить тепловые потери перекрытия, связанные с теплоизоляцией?
3. Как снизить тепловые потери правой стенки?
4. Как снизить тепловые потери в зонах затвора подины?
5. Как снизить тепловые потери левой стенки печи?
6. Как снизить тепловые потери от поверхности двери?
7. Как снизить тепловые потери задней стенки печи?
8. Как снизить количество аварийных простоев?
9. Как снизить тепловые потери примыкания двери?
10. Как снизить тепловые потери зон вентиляторов правой стенки печи?
11. Как снизить тепловые потери основания печи?
12. Как исключить захлаживание печи за счет всасывания воздуха по валу вентилятора?

Ключевые задачи из потокового анализа

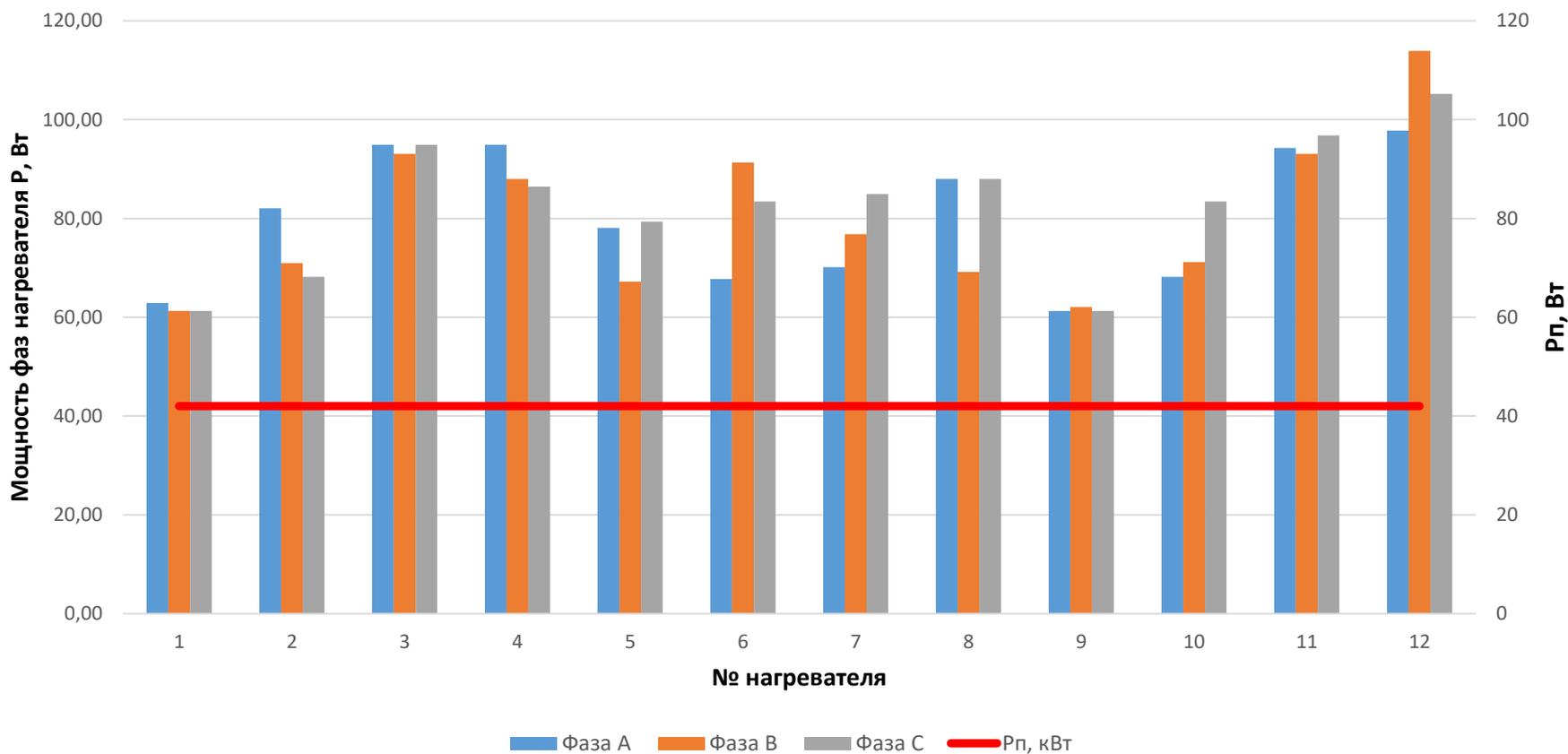
Режим «выкатить под»

1. Как снизить тепловые потери, связанные с остыванием садки?
2. Как снизить тепловые потери, связанные с остыванием выкатного пода?
3. Как снизить тепловые потери, связанные с остыванием печи?
4. Как снизить тепловые потери, связанные с остыванием двери?
5. Как снизить тепловые потери через основание печи?

Параметрический анализ.

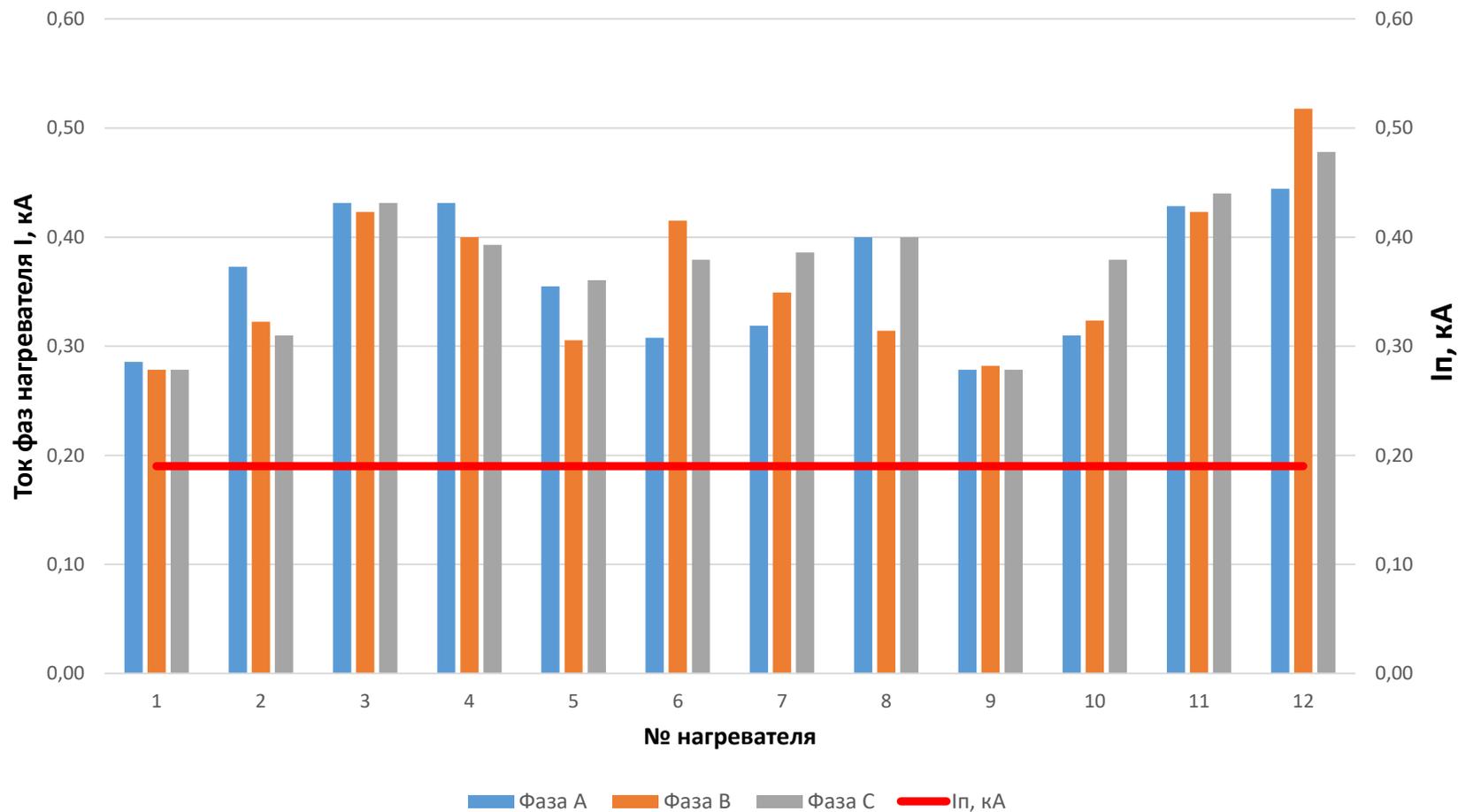
Расчет мощности фаз нагревательных элементов печи №1

Мощность фазы Р нагревательных элементов калориферов печи СДО-35 №1



Расчет тока фаз нагревательных элементов печи №1

Ток фазы I нагревательных элементов калориферов печи СДО-35 №1

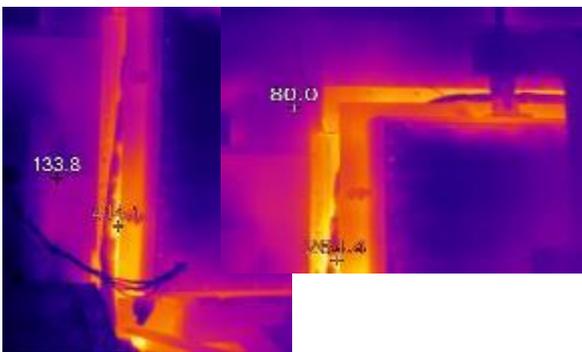
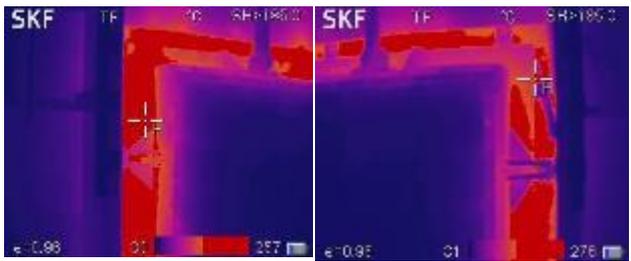
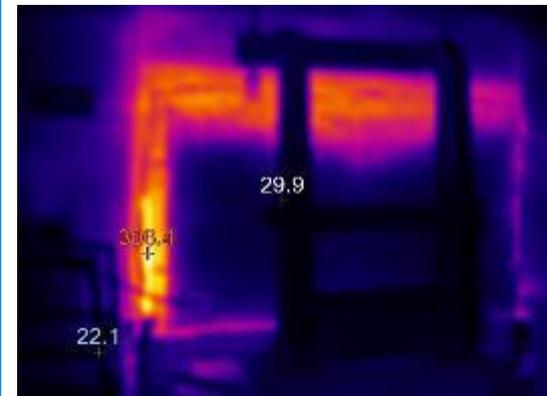
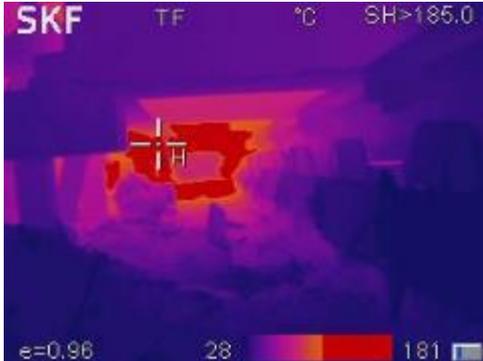


Ключевые задачи из параметрического анализа

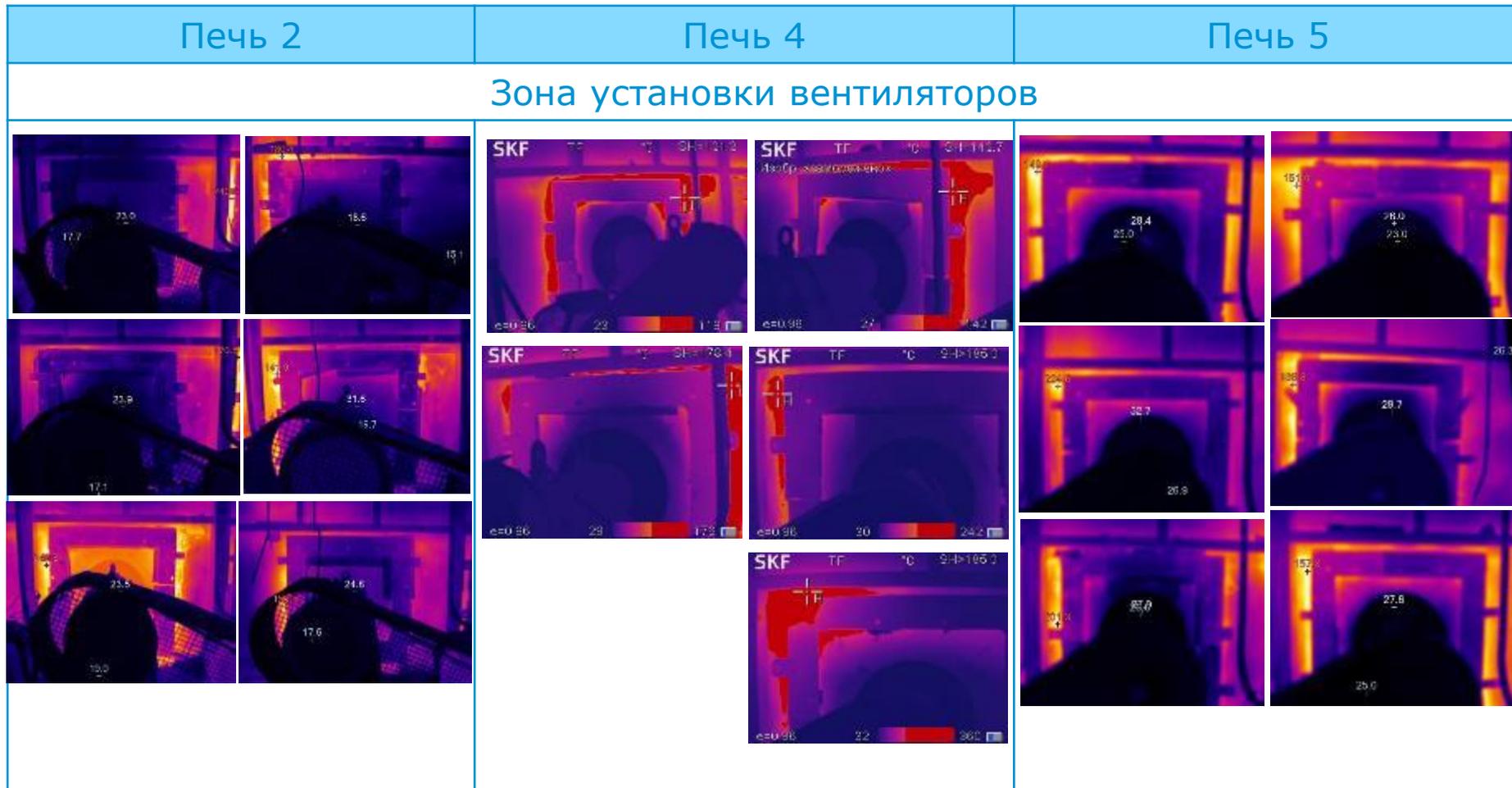
1. Как исключить удлинение нихромовой ленты?
2. Как исключить перегорание нихромовой ленты?
3. Как исключить сгорание изоляции провода наконечников?
4. Как исключить частые отгорания наконечников нагревателей?
5. Как исключить частые перегорания нагревателей?

Сравнение тепловых потерь печей 2,4,5

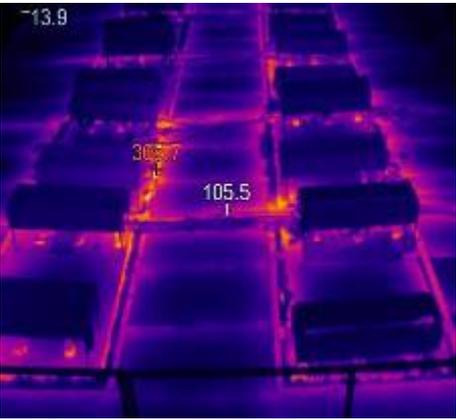
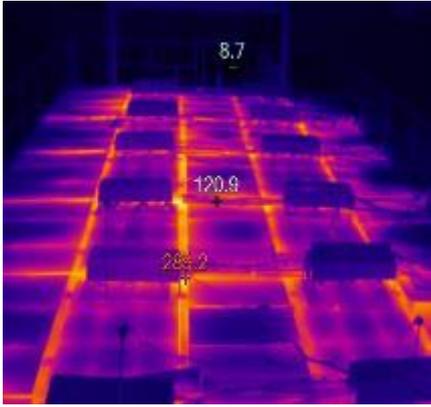
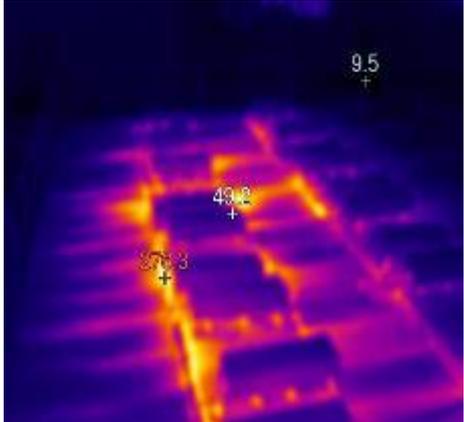
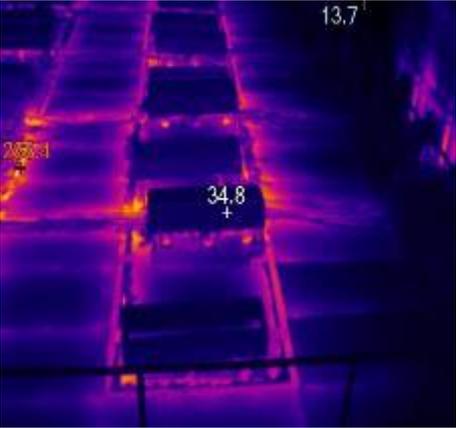
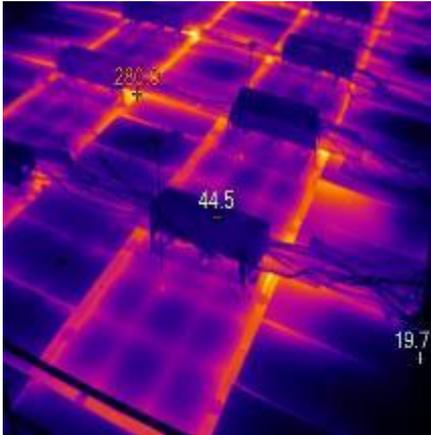
Сравнение тепловых потерь печей 2,4,5

| Печь 2 | Печь 4 | Печь 5 |
|--|---|--|
| Дверь | | |
|  <p>Thermal image of Furnace 2 door. Temperature values: 133.8, 80.0, 123.4.</p> |  <p>Thermal image of Furnace 4 door. Temperature values: 277, 276.</p> |  <p>Thermal image of Furnace 5 door. Temperature values: 29.9, 22.1, 306.4.</p> |
| Подина | | |
|  <p>Thermal image of Furnace 2 underdoor. Temperature values: 433.4, 254.3.</p> |  <p>Thermal image of Furnace 4 underdoor. Temperature values: 181.</p> |  <p>Thermal image of Furnace 5 underdoor. No numerical values are visible.</p> |

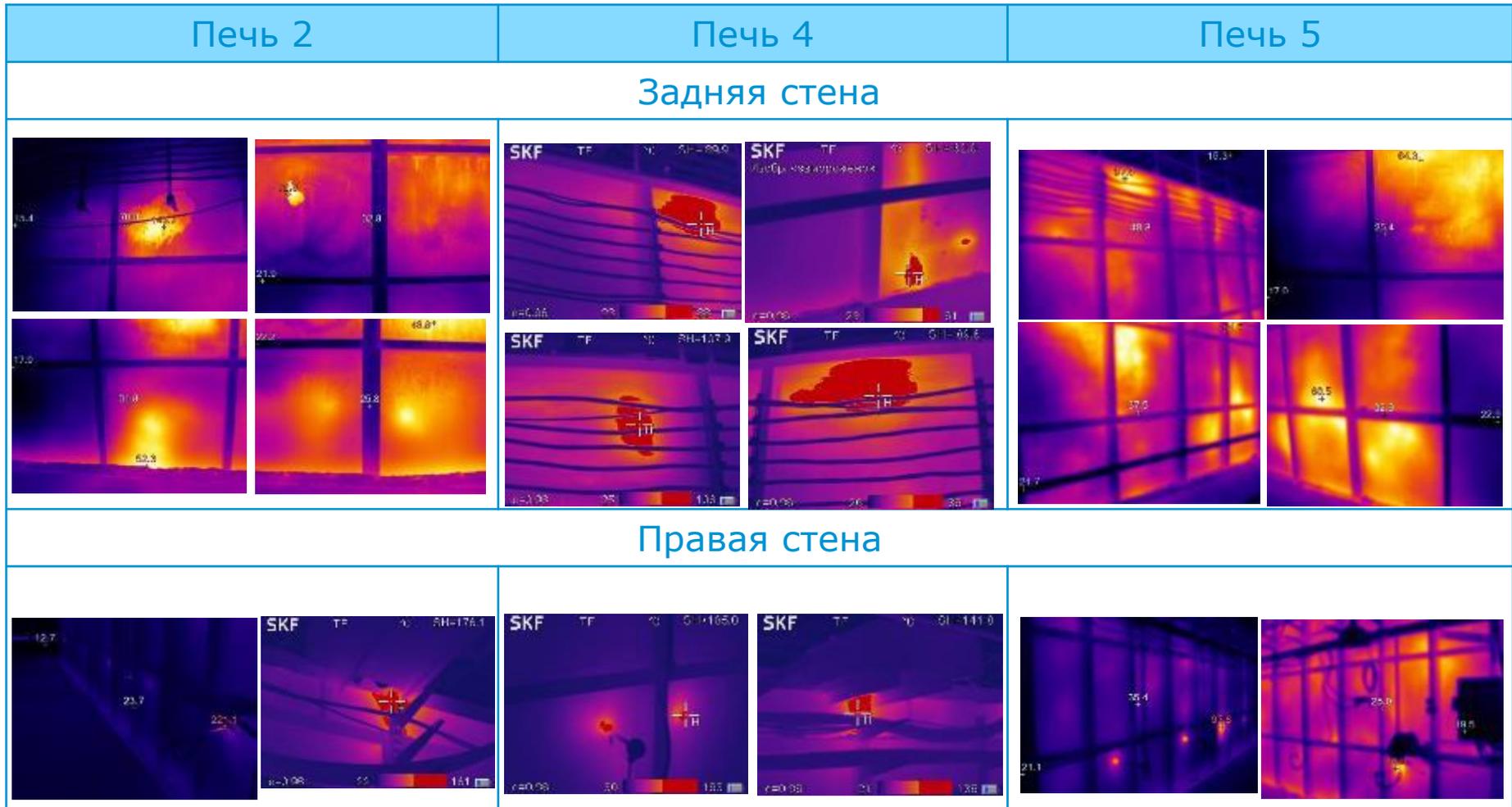
Сравнение тепловых потерь печей 2,4,5



Сравнение тепловых потерь печей 2,4,5

| Печь 2 | Печь 4 | Печь 5 |
|--|---|--|
| Перекрытие | | |
|  |  |  |
|  |  |  |

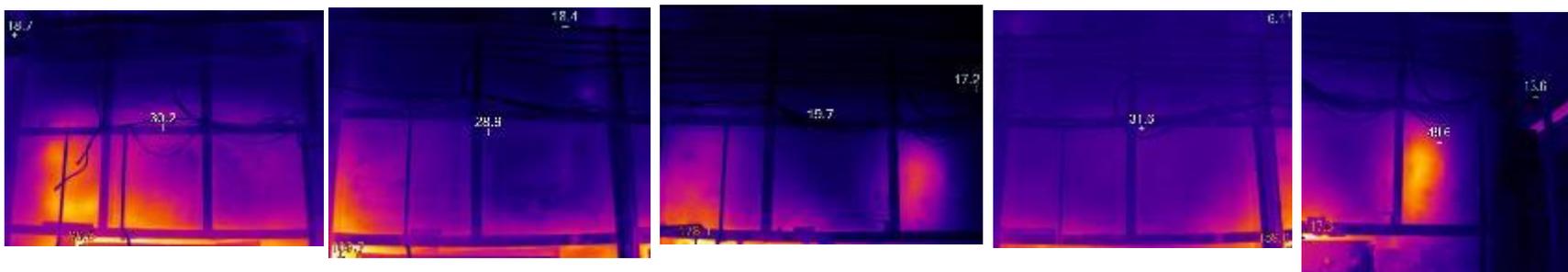
Сравнение тепловых потерь печей 2,4,5



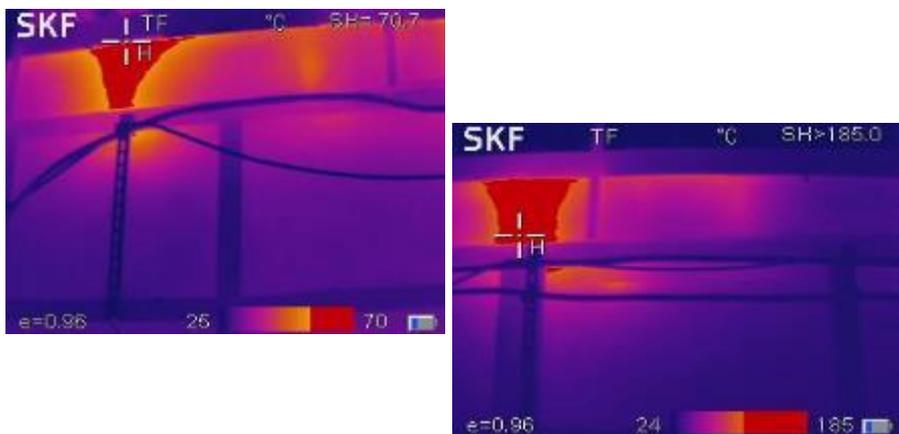
Сравнение тепловых потерь печей 2,4,5

Правая стена

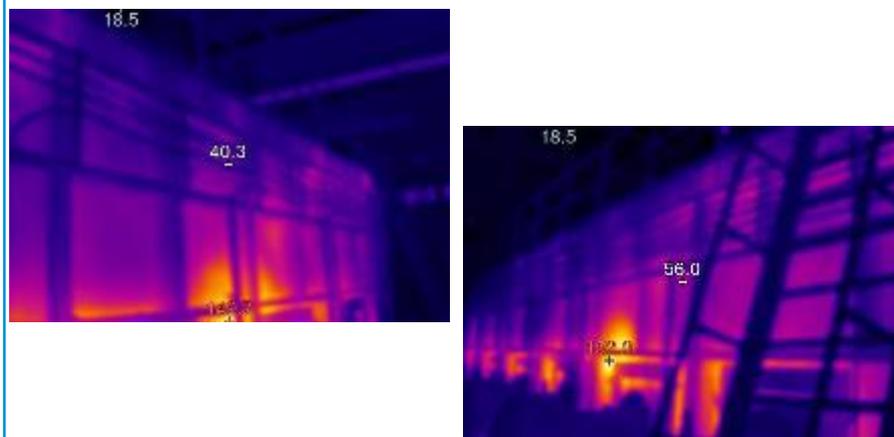
Печь 2



Печь 4



Печь 5



Выводы сравнения тепловых потерь печей 2,4,5 1-1

В результате тепловизионной съемки печей гомогенизации №2,4,5 выявлено:

1. Зоны повышенных тепловых потерь (от 100,С) печей 2,4,5 между собой совпадают (примыкание двери, подина, примыкание вентиляторов, перекрытие, примыкание нагревателей).
2. Имеются отдельные зоны повышенных тепловых на правых, левых и задних стенках печи.
3. На печи №2,5 над участком крепления вентиляторов по всей длине стены наблюдается температура выше средней температуры стенки. Конструктивно на данном участке находятся воздуховоды в форме «улитки». Футеровочный материал в данной зоне не выдерживает температуру и разрушается, однако, на печи 4 в данных зонах повышенных тепловых потерь не наблюдается.
4. В зонах стыковки рам перекрытия тепловые потери достигают от 70С до 180С на всех трех печах.
5. В зонах установки термопар температура составляет от 100 до 150С на всех трех печах.

Выводы потокового анализа 1-2

6. На задней стенке печи наблюдаются зоны с повышенными тепловыми потерями от 60 до 100С. Расположение данных зон между тремя печами не совпадает. На некоторых зонах наблюдается выгорание краски. Футеровочный материал в данных местах разрушился.

7. Тепловые потери в перекрытии и примыкании нагревателей на печи №4 совпадает с печью 2,5. Хотя на печи №4 используется другой метод футерования гнезд нагревателей. В печи № 4 при установке нагревательных элементов в гнездо нагревателя укладывается кремнеземистый шнур Ø50 мм. На печах 2,5 используется муллитокремнеземистая вата, которая зачеканивается в гнездо нагревателей. Однако данный способ не удобен при демонтаже нагревателей т.к. вата осыпается во внутрь печи. Вата, со временем выдувается из зачеканенных зон, ее эффективность снижается.

Препятствия, задерживающие сроки внедрения предложений проекта

1. Выполнение проектно-конструкторской документации требуют нескольких месяцев. Проекты ТРИЗ ставятся в очередь ожидания. ПКО заняты первоочередными задачами производства.
2. Потеря времени на покупку требуемых материалов (особенности системы тендеров).
3. Предложение по приведению параметров нагревателей к паспортным значениям требует значительных вложений, осуществимо в рамках БИЗ на следующий год.
4. Состояние печей требует значительных затрат для восстановления первоначальных параметров.

Выполнение заказов с максимально возможным отклонением в «плюс» (выделено в отдельный проект)

Нежелательный эффект:

Закрытие заказа и отгрузка готовой продукции с условием в заказной спецификации «+/- n%» или «+ n%», происходит с отклонением в «плюс», в «ноль» или в «минус».

Предложение:

Предлагается закрывать все заказы с условием «+/- n%» или «+ n%», только по достижению максимального «плюсового» отклонения.

В период с 1.05.2020 по 1.06.2020 суммарное возможное отклонение составило 237 т. (за период), 2500 т/год (годовое возможное отклонение).

Ожидаемый экономический эффект: 1,5-2 млн. руб./мес.