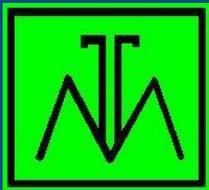




ЗиО-КОТЭС



Технические решения по оптимизации работы ISASMELT печи металлургического комбината «Казцинк»

Генеральный директор
ООО «ЗиО-КОТЭС», к.т.н.

А. Цепенюк

Директор
Ing.-Büro Feuerungs-und Trocknungstechnologien

В. Гарбер

Новосибирск-Düsseldorf
Март 2017



Расчётный кластер:

160 ядер процессоров Intel Xeon E5-2683v4 последнего поколения.

Производительность системы около 3 терафлопс.



Используемые программные комплексы:

ANSYS Fluent – гидрогазодинамические расчёты;

ANSYS Mechanical – решение задач механики.

Интеграция пакетов для решения сопряжённых задач гидрогазодинамики и механики.



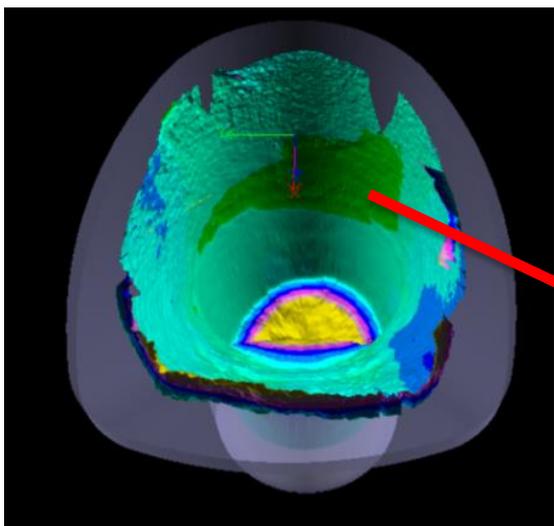
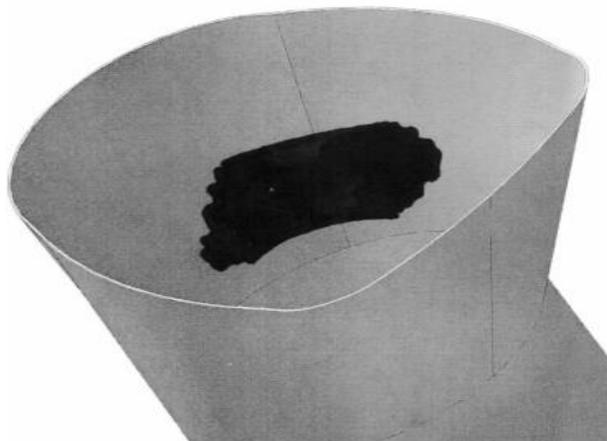
Квалификация специалистов:

Профильное физико-математическое образование и специализированное обучение персонала по CFD-моделированию в авторизованных центрах ANSYS.





- Моделирование тепловых напряжений корпуса и футеровки.
- Моделирование аэродинамики печи. Причины насталеобразования.
- Моделирование барботирования шлака воздухом.

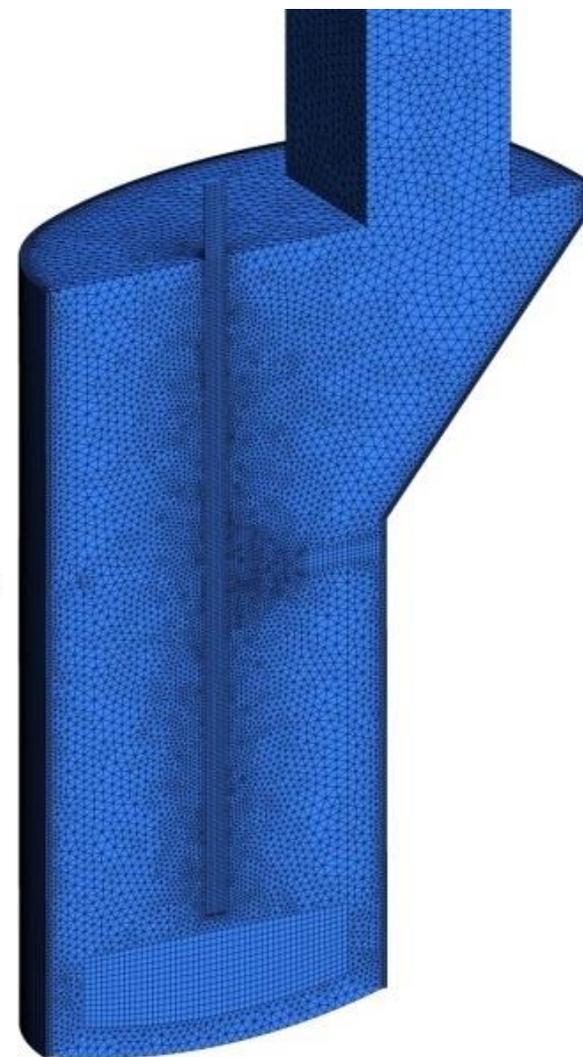
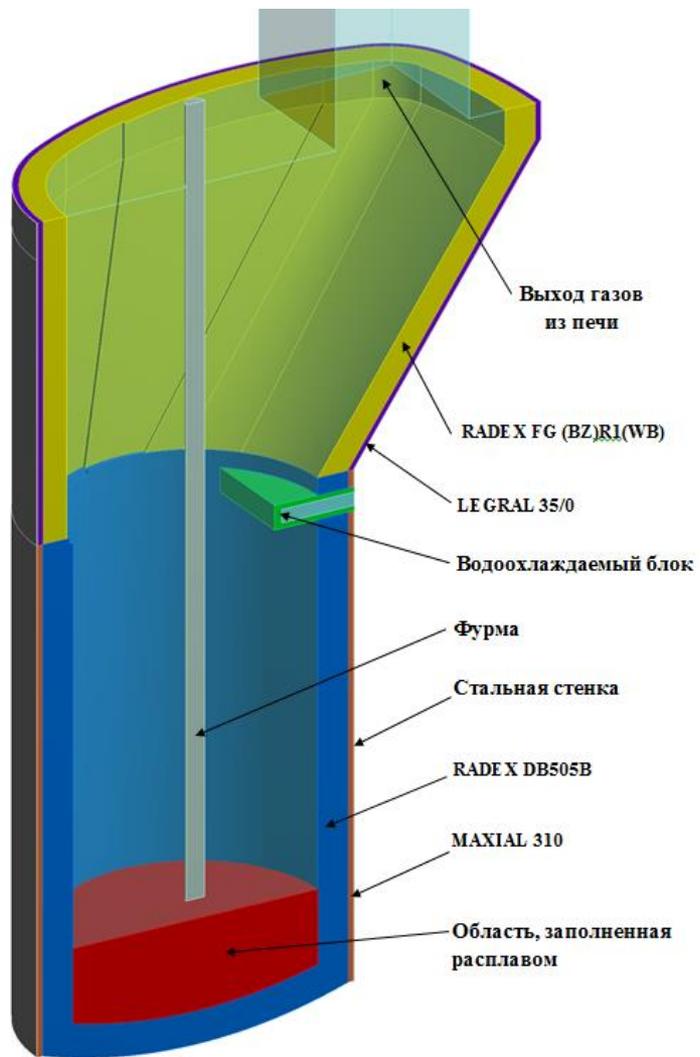
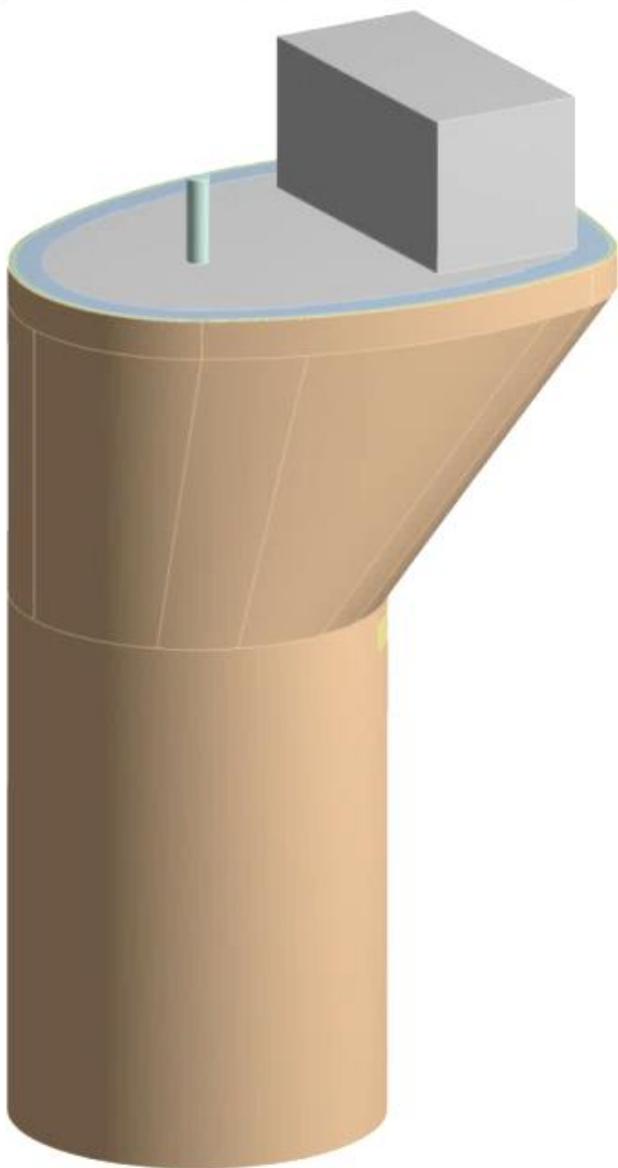


Расположение отдельных очагов и больших зон вывалов футеровки

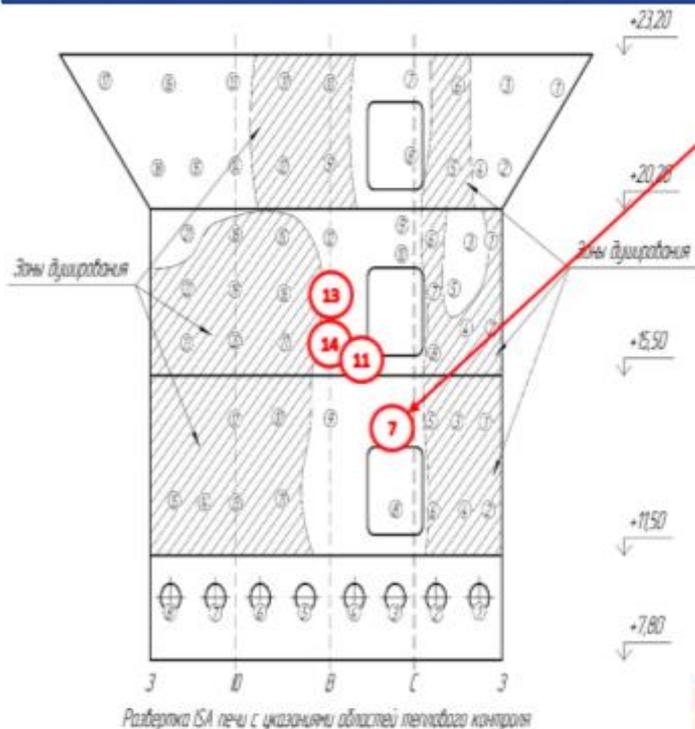


Задачи:

1. Моделирование основных газодинамических режимов с представлением результатов в числовом виде и 3D-визуализацией с определением тепловых и прочностных характеристик работы футеровки печи.
2. Определение возможных причин обрушения кирпичной футеровки со стороны огневой части печи.



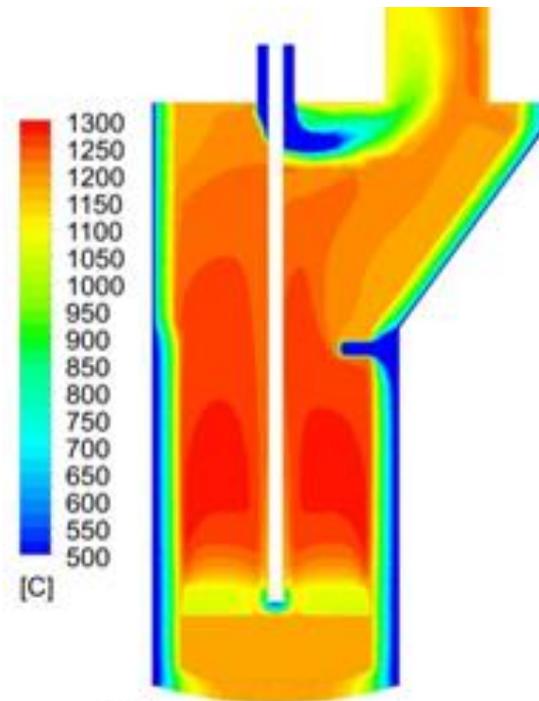
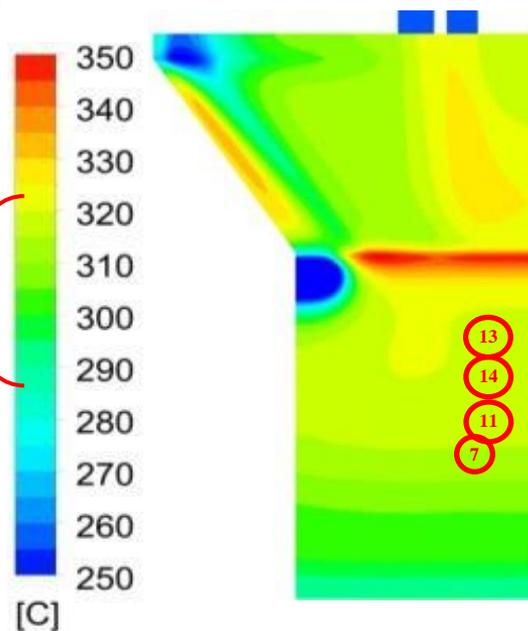
Общий вид расчетной 3D-модели



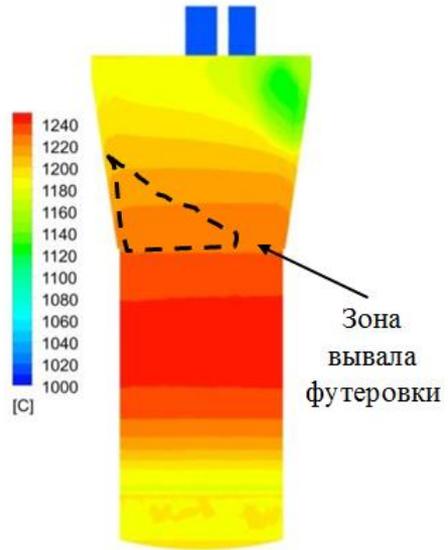
	Декабрь 2015г.	Январь 2016г.	Март 2016г.	Май 2016г.
Точка №7 отм. +11.50	270	307	347	332
Точка №11 отм. +15.50	270	260	315	325
Точка №13 отм. +15.50	294	333	356	364
Точка №14 отм. +15.50	287	324	344	351

Динамика изменения по температур поверхности корпуса по точкам контроля.

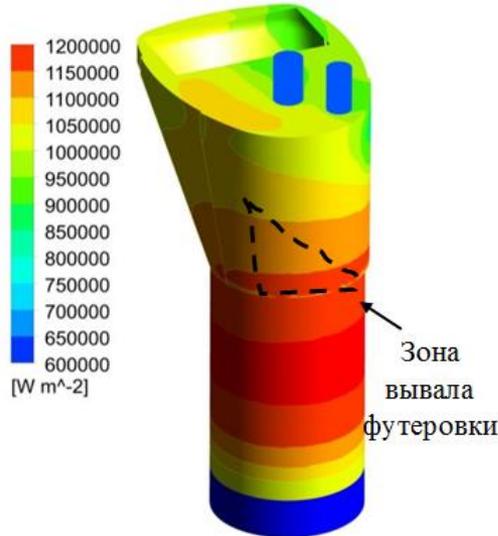
270-320 °C



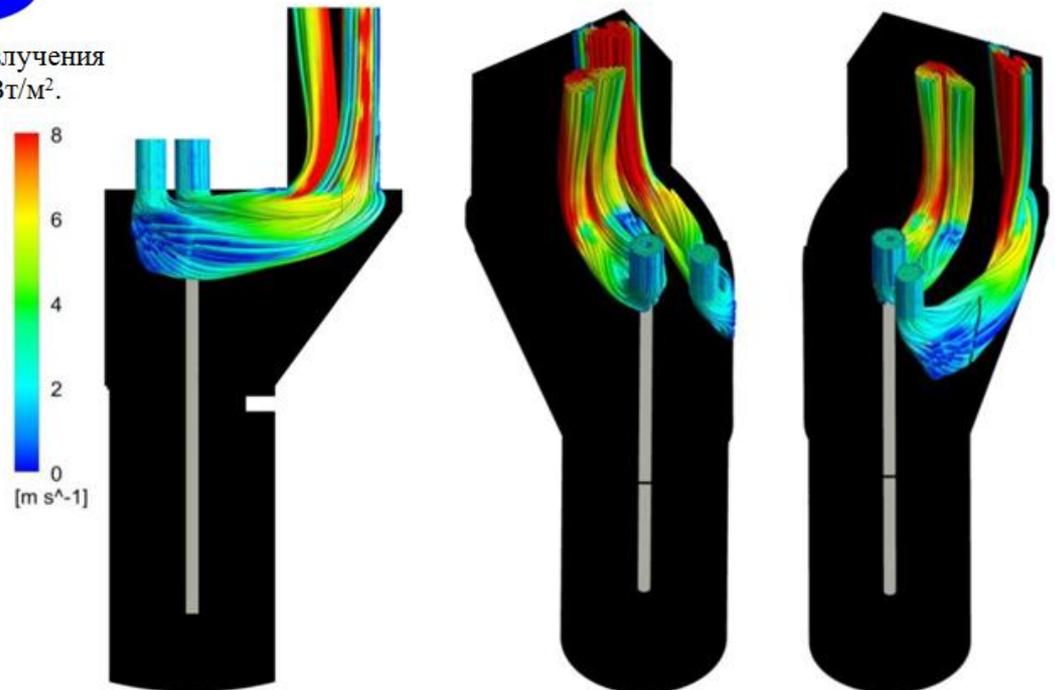
Поле температур газов в осевом сечении печи, °C.



Температура внутренней стенки футеровки, °C.



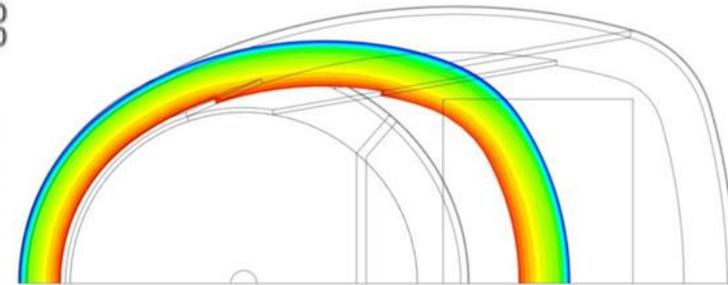
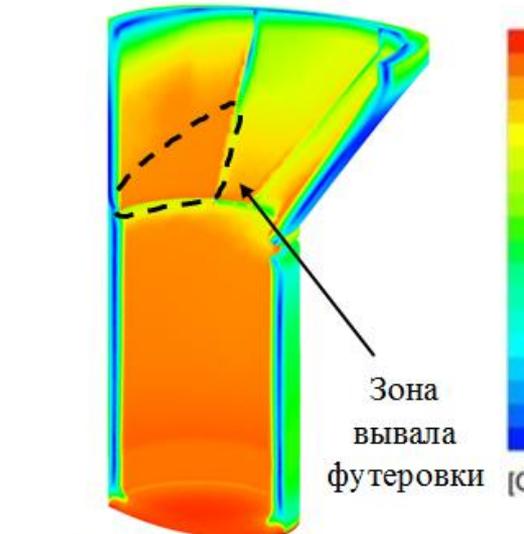
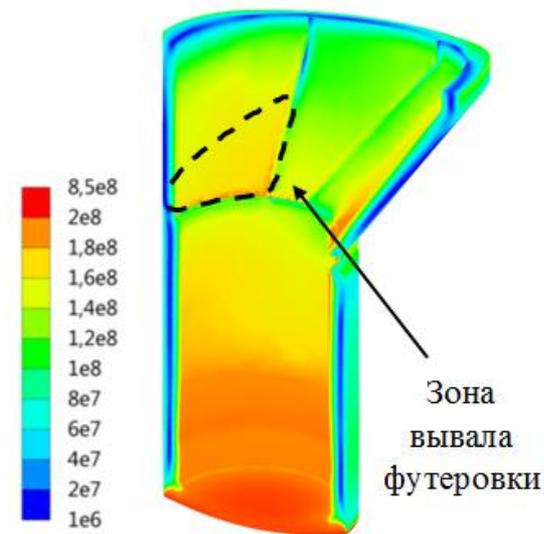
Поля падающего излучения на стены печи, Вт/м².



Линии токов (streamline) воздуха дожигания из фурм, м/с.



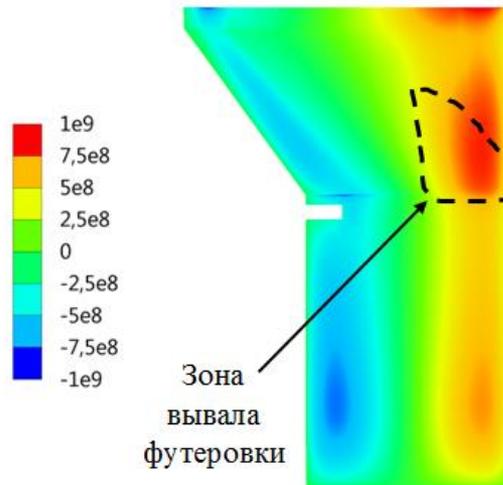
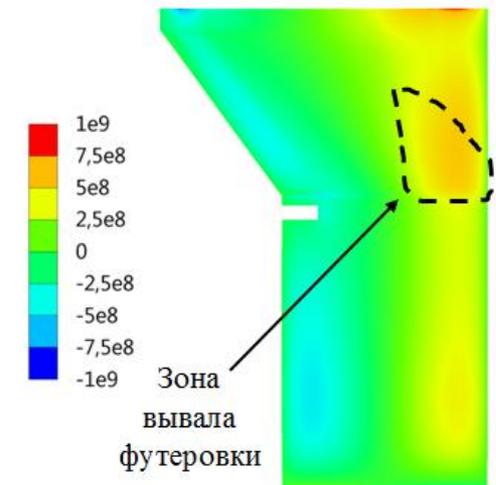
3. Моделирование тепловых напряжений корпуса и футеровки



Температура футеровки в сечении, °C.

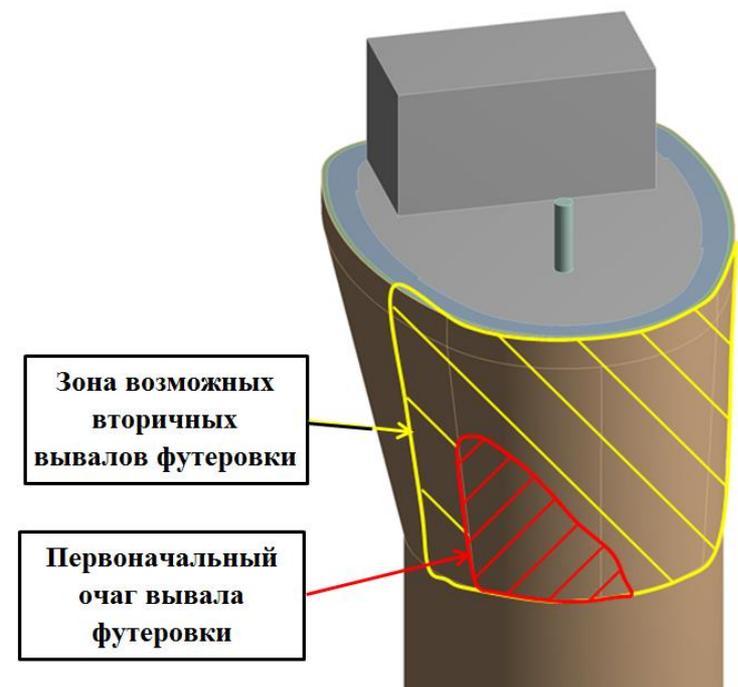
Эквивалентное напряжение на внутренней стороне футеровки (естественное охлаждение), Па.

Эквивалентное напряжение на внутренней стороне футеровки (водяное орошение), Па.



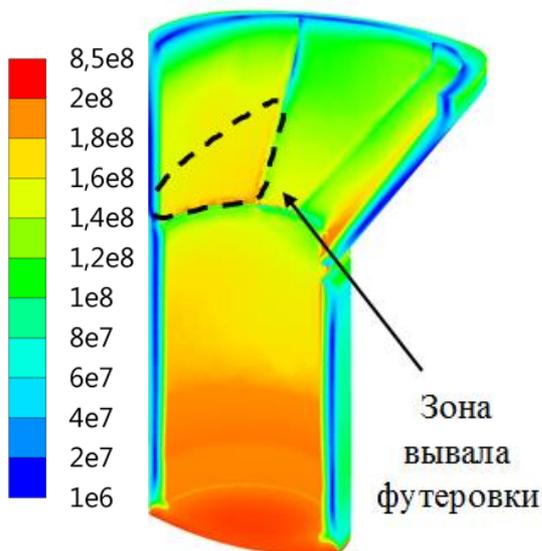
Напряжение сдвига в плоскости XY (естественное охлаждение), Па.

Напряжение сдвига в плоскости XY (водяное орошение), Па.

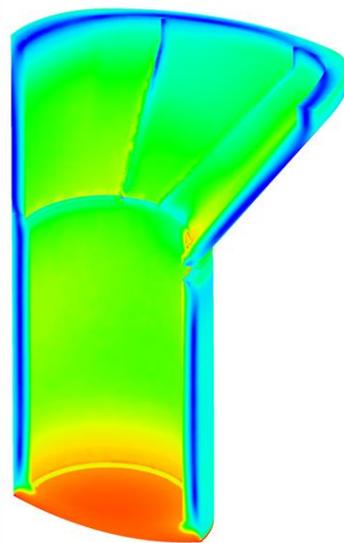


Без учета компенсаторов тепловых расширений (термобумаги)

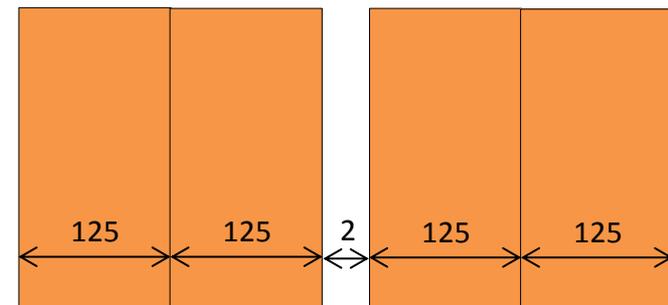
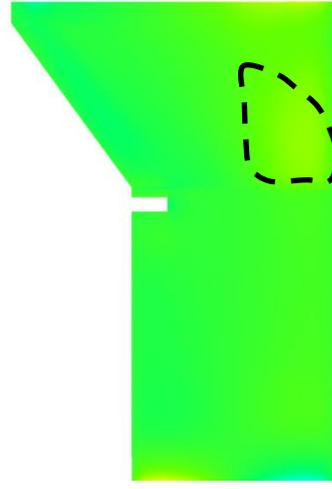
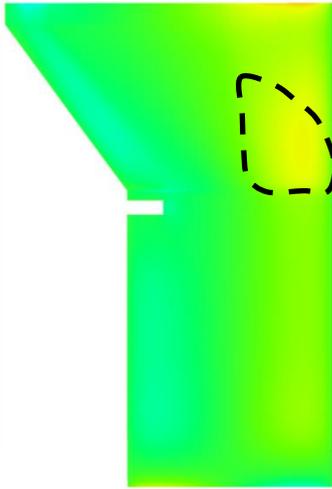
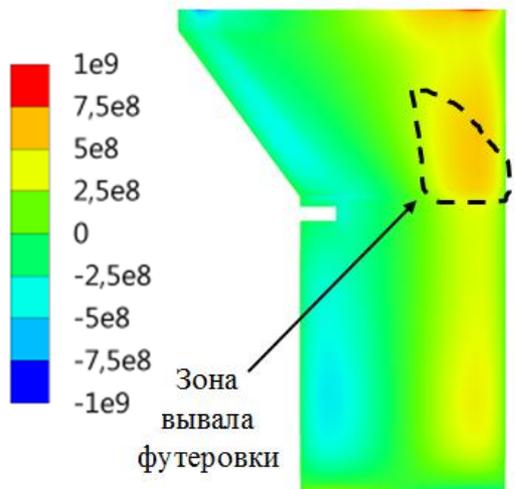
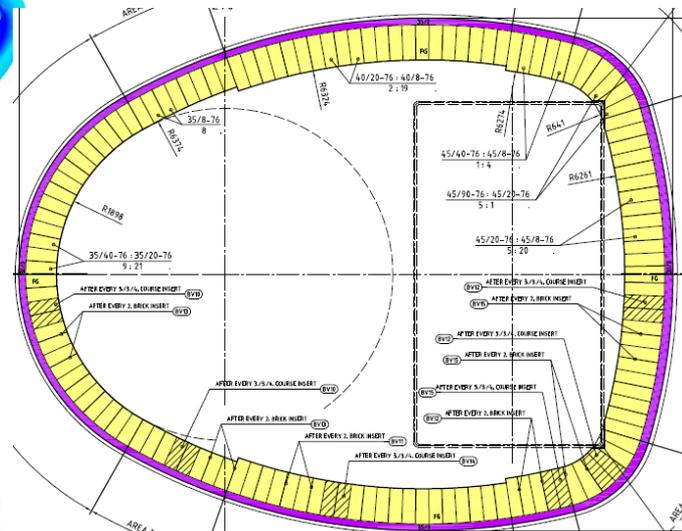
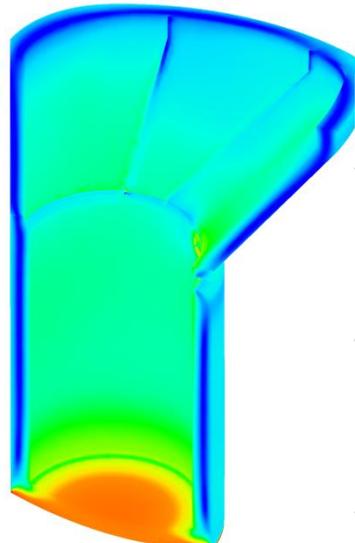
С учетом компенсаторов тепловых расширений (термобумаги)



сжатие термобумаги-30%



сжатие термобумаги-60%

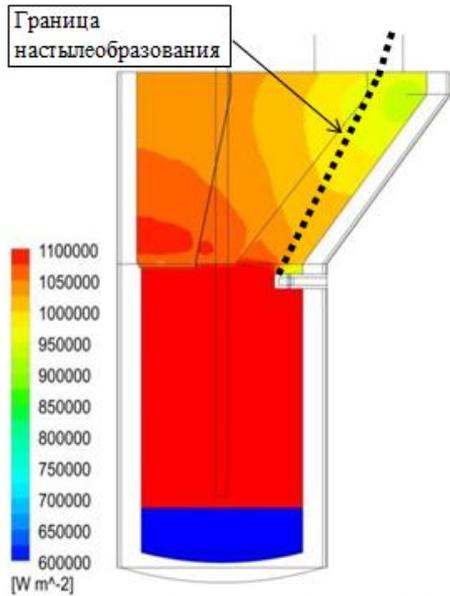


Эквивалентное напряжение на внутренней стороне футеровки, Па

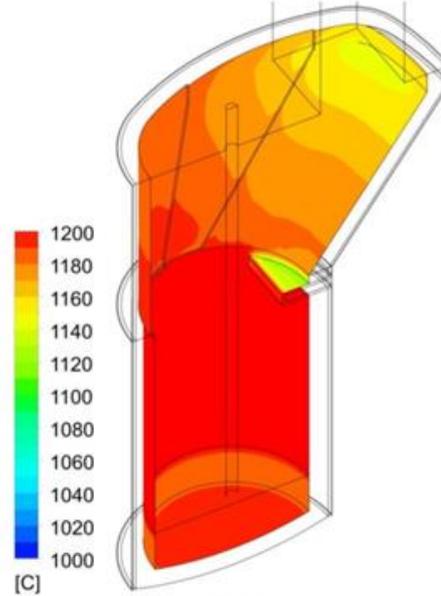


Основные результаты моделирования:

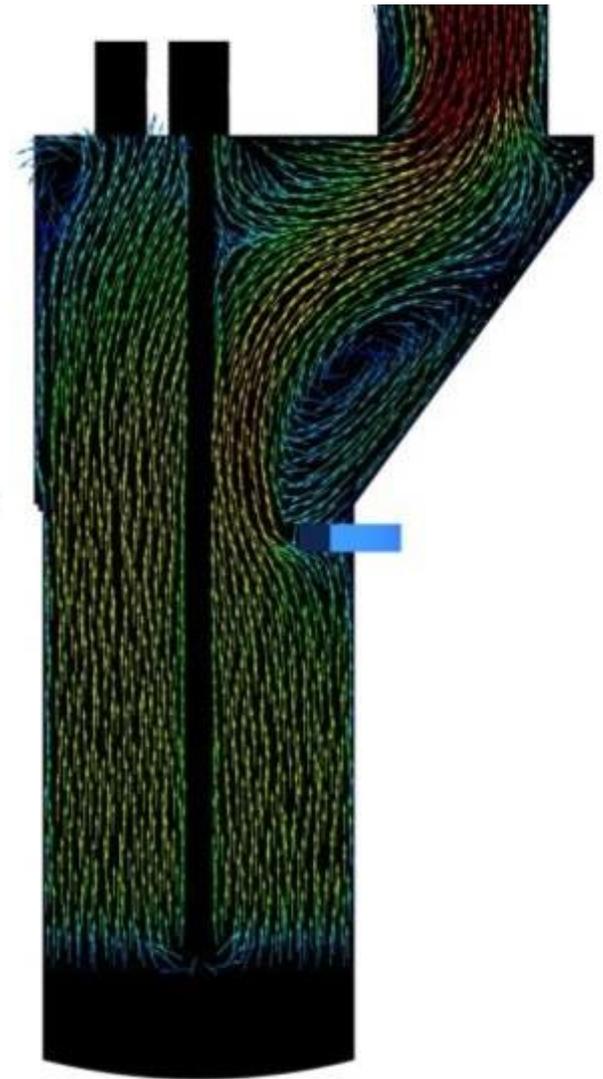
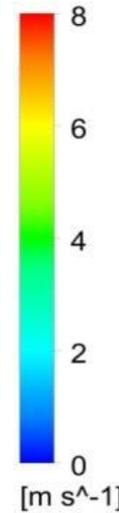
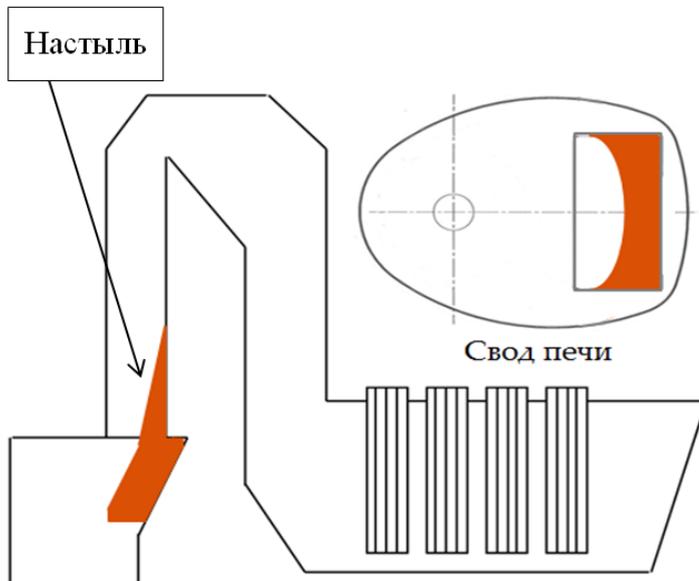
1. Наибольшие тепловые потоки, уровни температур, падающие излучения, тепловые перемещения и напряжения сдвига приходятся именно на восточную часть печи.
2. Наиболее опасные, по результатам моделирования, зоны вывалов футеровки полностью соответствуют локальным вывалам футеровки медной печи ISASMELT при эксплуатации.



Поля падающего излучения на стены печи, Вт/м².



Температура внутренней стенки футеровки в печи, °C.



Векторное поле скоростей газов в осевом сечении печи, м/с.



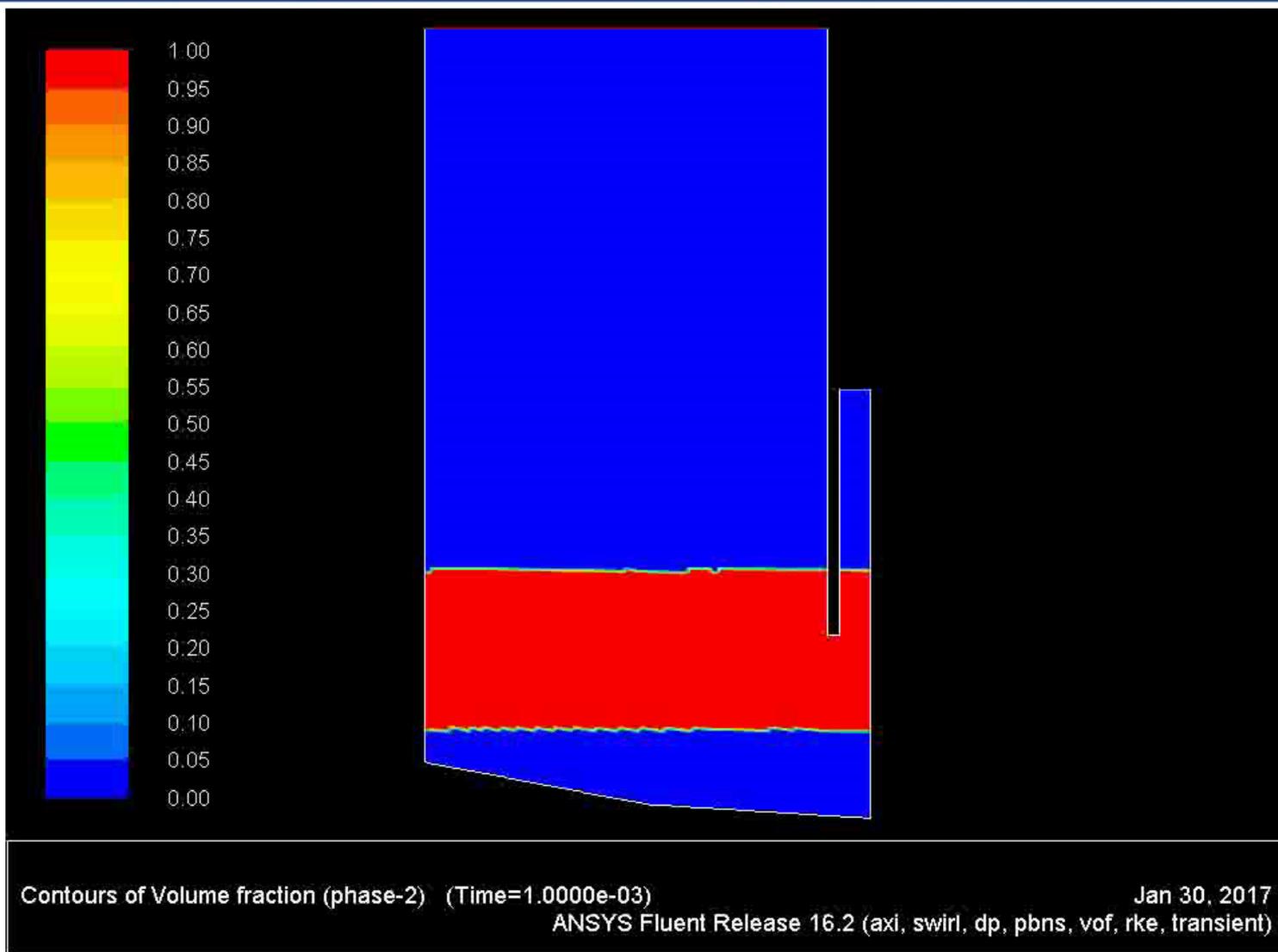
Причины образования настели по данным моделирования:

1. За козырьком существует зона рециркуляции с низкими скоростями газов.
2. Верхняя наклонная часть печи лежит «в тени» козырька, не нее не падают мощные тепловые потоки.
3. Температура козырька значительно ниже температуры обмуровки и недостаточна для расплавления оседающих возгонов.



Задача:

1. Моделирование процесса барботирования с образованием брызг и капель шлака при работе фурмы.
2. Определение возможности попадания капель шлака на обмуровку верхней части печи.

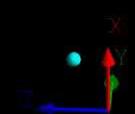




Phase 2. Volume Fraction
Isosurface 1



ANSYS
R16.2





Результаты моделирования

1. В верхнюю часть печи выносятся мелкие капли, крупные падают обратно
2. Капли шлака образуются в результате всплесков и разрывов воздушных пузырей в шлаке у конца фурмы
3. Чем крупнее пузыри, тем больше взрыв и больше капель/брызг

Решения по уменьшению выноса капель шлака должны быть направлены на уменьшение размера пузырей, их равномерного распределения по площади расплава, увеличение размера капель/брызг, т.е. корректировку режима барботирования.



По снижению обрушений футеровки:

1. Термические швы в обмуровке в проблемных зонах печи, изменение материала обмуровки по опыту черной металлургии (ЧМ).
2. Термические швы на стальном корпусе печи.
3. Корректировка способов внешнего охлаждения стального корпуса печи.
4. Равномерное распределение газового потока на выходе из фурмы, уменьшение выноса шлака в верхние зоны печи.
5. Воздушная завеса для защиты зоны вывала обмуровки.
6. Использование горячего факельного торкретирования для быстрого (20-30 мин) восстановления обмуровки в зонах эрозии шлакам, иные методы защиты обмуровки по опыту работы печей ЧМ.



По снижению насталеобразования:

1. Корректировка газовых потоков в районе «козырька» для уменьшения насталей на наклонном переходе к КУ.
2. Установка дополнительных горелок для проплава и ликвидации насталеобразования на наклонном участке печи.



По уменьшению эрозионного воздействия капель и брызг шлака на футеровку:

1. Изменение оконечного участка фурмы (сопла):
 - 1.1. *наконечник со многими соплами;*
 - 1.2. *горизонтальные дополнительные отверстия по периметру погружного наконечника;*
 - 1.3. *отверстия в стволе выше расплава;*
 - 1.4. *изменение крутки воздуха.*

2. «Воздушная завеса» футеровки.



Спасибо за внимание!