

Используя результаты расчета газоохладителя в пакете ThermoFlex, рассчитаны площади поверхностей охлаждения: для 1-ой секции охлаждения (пар высокого давления – 13,5 МПа, отводимая теплота – 63 МВт) – 126 м<sup>2</sup>; для 2-ой секции охлаждения (пар среднего давления – 3,5 МПа, отводимая теплота – 42 МВт) – 170 м<sup>2</sup>.

Список использованных источников

1. Гибридные ПГУ на твердом топливе / Т. Ф. Богатова, А. Ф. Рыжков, Н. В. Вальцев, П. В. Осипов, С. И. Гордеев // Энергетик. 2014. № 12. С. 12-16.
2. Convective heat transfer characteristics of high-pressure gas in heat exchanger with membrane helical coils and membrane serpentine tubes / Zhen Yang, Zhenxing Zhao, Yinhe Liu, Yongqiang Chang, Zidong Cao // Experimental Thermal and Fluid Science. 2011. Vol. 35. P. 1427–1434.
3. Modeling and analysis of a syngas cooler with concentric evaporator channels in a coal gasification process / J. Oh, I.S. Ye, S. Park, C. Ryu, S. K. Park. // Korean J. Chem. Eng. 2014. Vol. 31. № 12. P. 2136-2144.

*Исследование выполнено в Уральском федеральном университете за счет гранта Российского научного фонда (проект №14-19-00524).*

УДК 669.187.2:621.365.2

Глухов И. В., Воронов Г. В., Гольцев В. А.  
Уральский федеральный университет  
ermia12@mail.ru

## **КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ АЭРОДИНАМИКИ В РАБОЧЕМ ПРОСТРАНСТВЕ СОВРЕМЕННОЙ ДУГОВОЙ СТАЛЕПЛАВИЛЬНОЙ ПЕЧИ**

**Аннотация.** В данной статье с помощью математического моделирования в программе SolidWorks Flow simulation была рассмотрена аэродинамика рабочего пространства современной Дуговой сталеплавильной печи (ДСП). В работе проанализировано расположение ТСУ, предлагаемое фирмой «Danieli», а также схема установки горелок рекомендованная авторами [1]. Особое внимание уделено оценке условий эффективного теплообмена с шихтой, определению возможных повреждений кожуха, огнеупорной футеровки и электродов.

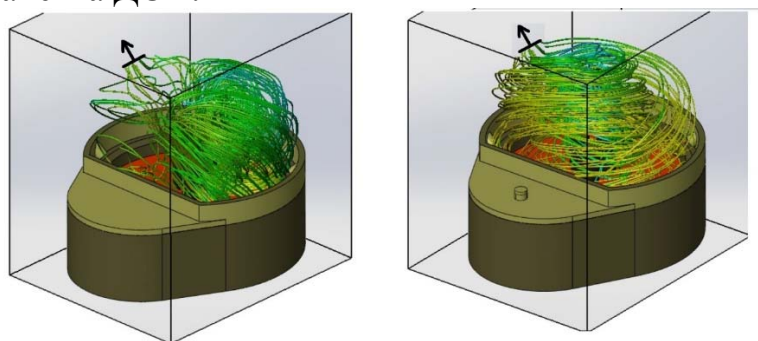
Возможность реализации новых идей на действующем объекте всегда ограничена, а организация исследований требует больших затрат времени на подготовку и согласование необходимых работ. В представленной работе соответствующее исследование проводилось с применением средств компьютерного моделирования и инженерного анализа.

Модель печи создавалась как набор деталей, соответствующих элементам конструкции печи. Не смотря некоторое конструктивное упрощение геометрия деталей воспроизводит реальный объект с точностью достаточной для инженерного расчета.

К рассмотрению предложены модели, отличающиеся размещением горелочных устройств. В первой модели ТСУ расположены в соответствии с проектом «Danieli» (вариант А), в другой – исходя из рекомендации [1], по результатам графического анализа схемы распространения газовых потоков внутри печи (вариант Б).

Входными параметрами модели выбраны действительная скорость газокислородной смеси на выходе из сопла горелки и расчетная балансовая температура горения природного газа с кислородом. Начальная скорость смеси была определена по фактическому расходу природного газа и кислорода, балансовая температура продуктов сгорания – исходя из результата расчета стехиометрического горения природного газа с кислородом. Выходными параметрами модели были приняты перед дымовым каналом разрежение 50 Па и температура уходящих газов 1600 °С. Указанные параметры и граничные условия использовались для расчета двух моделей и оставались неизменными.

На рис. 1 показаны траектории распространения газовых потоков внутри рабочего пространства ДСП.



а – по проекту «Danieli»; б – при рекомендованном размещении ТСУ

Рис. 1. Траектория газовых потоков в объеме рабочего пространства по варианту «Danieli» и при рекомендованном расположении ТСУ

В случае размещения ТСУ по варианту «Danieli», наблюдается крайне неравномерное распределение продуктов горения – в одной половине объема печи движение интенсивно, тогда как в другой практически отсутствует.

При рекомендованном расположении ТСУ наблюдается интенсивное движение продуктов сгорания во всем объеме рабочего пространства печи.

На рис. 2 можно наблюдать распределение скоростного поля в различных сечениях: в плоскости зеркала ванны и в плоскости горелок. по варианту «Danieli» продукты горения топлива начинают распространяться в направлении центра печи где, достигая поверхности электродов, меняют свое направление и уходят в подсводовое пространство. Циркуляция продуктов горения осуществляется в вертикальной плоскости. Продукты сгорания покидают рабочее пространство сохраняя большой запас тепла.

Размещение горелок с тангенциальным направлением факела вызывает горизонтальную циркуляцию продуктов горения у поверхности шихты (рис. 1. б). Обеспечивается круговое движение газов в периферийной области рабочего пространства (рис. 2) не допускается направленное воздействие потока продуктов горения на внешнюю поверхность электродов (рис. 3). За счет рациональной

установки ТСУ в горизонтальной плоскости [1] горячие газы естественным образом отводятся от поверхности боковой стены печи. К моменту попадания в подсводовое пространство и канал дымоудаления они совершают до четырёх оборотов.

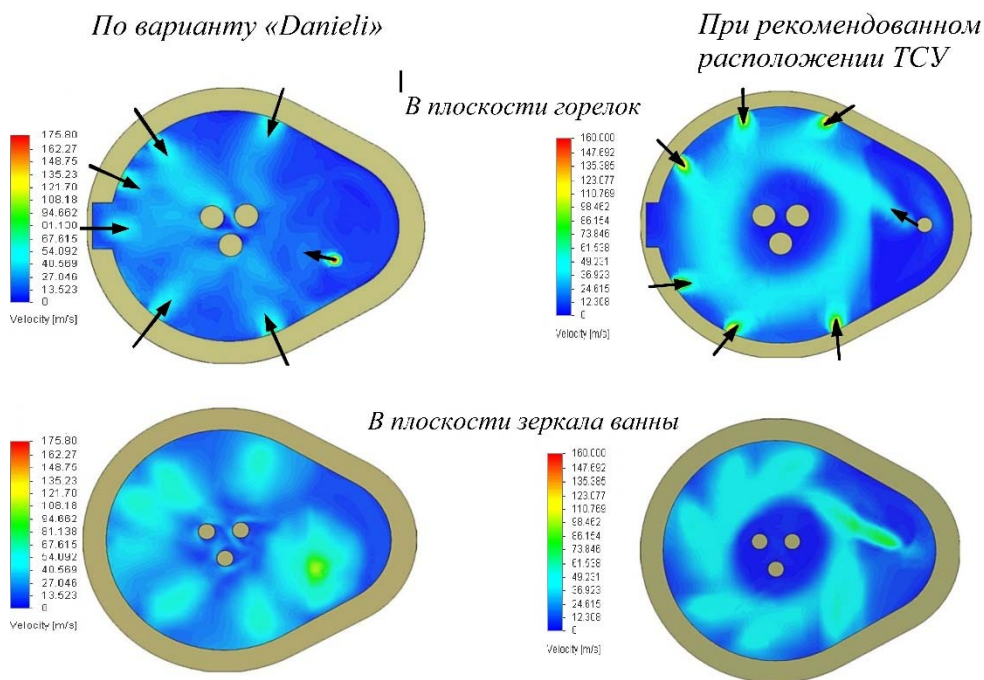


Рис. 2. Поле скоростей в горизонтальном сечении рабочего пространства

Наибольшее движение газов и высокие температуры сосредоточены в нижнем объеме печи у поверхности холодной шихты.

На рис. 3 показано распространение газов в вертикальной плоскости рабочего пространства. В сравнении с вариантом «Danieli», предложенное расположение горелочных устройств выглядит более предпочтительным. В 2-3 раза увеличена кратность циркуляции газов в горизонтальной плоскости, обеспечены условия для эффективного теплообмена и нагрева шихты.

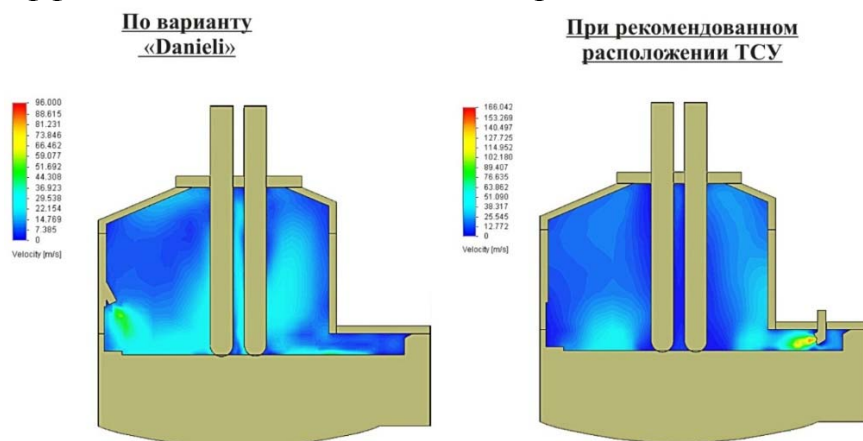


Рис. 3. Поле скоростей в продольном осевом сечении печи

Круговое движение газов придает газодинамике дуговой печи сходство с циклоном. Под преобладающим действием инерционных (центробежных) сил,

частицы пыли и мелкие капли шлака способны к сепарации на боковой стенке печи, где участвуют в формировании надежного гарнисажа.

Характер движения газов в печи определяет количество оседающей на электроды пыли. Сталеплавильная пыль состоит, в основном, из оксидов железа, которые в контакте с графитом и при высокой температуре начинают восстанавливаться. Происходит выгорание и разрушение электрода. Возможно выкашивание электрода при осыпании образовавшихся на его поверхности наслоений.

В случае рекомендованного расположения ТСУ степень осаждения частиц на поверхность электродов на порядок ниже (2,7 % в сравнении с 20,7 % для варианта фирмы «Danieli») [3].

Результаты компьютерного моделирования газодинамики рабочего пространства подтверждают, что оптимальное размещение горелочных устройств является важным условием обеспечения производительной и надежной работы печи. Предложенные рекомендации способствуют улучшению условия службы огнеупорной футеровки и электродов, могут потенциально обеспечить экономию энергоресурсов.

#### Список использованных источников

1. Особенности аэродинамики в рабочем пространстве современной дуговой сталеплавильной печи / Г. В. Воронов, М. В. Антропов, О. В. Порох // Новые огнеупоры. 2014. № 7. С. 19-21.
2. Моделирование энергоэффективных решений системы газоудаления дуговой сталеплавильной печи [Электронный ресурс] / Н. С. Тимошенко, А. Н. Семко, С. Н. Тимошенко. URL: <http://steellab.com.ua> (дата обращения 01.11.2015).
3. Очистка газов : справочник / В. С. Швыдкий, М. Г. Ладыгичев. М. : Теплоэнергетик, 2002. 640 с.

УДК 697.343 (076.5)

Голубенко С. А., Толстова Ю. И.  
Уральский федеральный университет  
[ytolstova@mail.ru](mailto:ytolstova@mail.ru)

## ОЦЕНКА ПЕРСПЕКТИВ ПЕРЕВОДА СИСТЕМ ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ НА ЗАКРЫТУЮ СХЕМУ

**Аннотация.** Представлены результаты анализа основных направлений повышения эффективности систем теплоснабжения при переходе на закрытую схему. Установлено, что перевод систем теплоснабжения на закрытую схему – дорогостоящее мероприятие, требующее значительных капиталовложений, а экономический эффект не покрывает затрат на переоборудование тепловых пунктов объектов теплоснабжения.

Согласно Федеральному закону № 417-ФЗ от 07.12.2011, подключение объектов капитального строительства к централизованным открытым системам