

УТВЕРЖДАЮ

Ректор

Череповецкого государственного
университета

Е.В. Целикова

2022 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации - на диссертацию Перевезенцева Григория Александровича «Повышение энергетической эффективности нагревательных печей при нагреве насыпных садов», представленную на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика»

Актуальность работы заключается в том, что совершенствование процессов нагрева металла в термических печах, оценка и повышение эффективности их работы – это источники резерва для экономии топлива и энергии.

Энергоэффективность и энергосбережение входят в число стратегических направлений приоритетного технологического развития страны. Регулирование отношений по энергосбережению и повышение энергетической эффективности в РФ осуществляется на основе:

- Федерального Закона № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

- Утвержденной Правительством государственной программы Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2030 года», согласно которой, одним из ключевых мероприятий является повышение энергетической эффективности и энергосбережение на энергоемких промышленных производствах.

- Энергетической стратегии России на период до 2030 года.

Целью работы является повышение энергетической эффективности работы нагревательных печей при нагреве однородных насыпных садов.

Для достижения поставленной цели в работе решаются **задачи**:

- 1) анализ существующих методик расчета нагрева насыпных садов;
- 2) создание методики геометрического описания хаотично расположенных заготовок на подине печи с заданной величиной порозности с использованием фрактальной геометрии в 3-х мерной постановке;

3) проведение лабораторного эксперимента по нагреву, а также определению гидродинамического сопротивления насыпных садок состоящих из заданных элементов при различных режимах нагрева;

4) сравнение результатов численного моделирования с результатами, полученными другими авторами и верификация разработанной методики расчёта нагрева насыпных садок по экспериментальным данным, полученным в результате лабораторных исследований;

5) модернизация конструкции печи для нагрева насыпных садок с целью повышения энергетической эффективности;

6) разработка режима термической обработки насыпных садок модернизированной конструкции печи и определение экономической эффективности.

Для достижения поставленной цели в диссертационной работе обобщен значительный объем научных исследований как отечественных так и зарубежных ученых. Показаны имеющиеся трудности, а также предложены пути их решения. На основе полученных данных автором решены поставленные задачи и проведено научное обоснование повышения энергетической эффективности работы нагревательных печей при нагреве однородных насыпных садок.

Основные научные результаты, полученные автором:

1. **Разработана методика** построения геометрической фрактальной структуры, построенной на основе фрактала «губки Менгера», которая используется при расчете теплообменных процессов в насыпных садках.

2. **Получены** новые экспериментальные данные по динамике температурных полей насыпных садок, отличающихся друг от друга величиной порозности.

3. **Разработана модель** процесса теплообмена в насыпных садках в 3-х мерной постановке с применением геометрической фрактальной структуры на основе фрактала «губки Менгера», которая позволяет учитывать значение порозности и гидродинамического сопротивления садки при различных режимах нагрева.

4. Предложен вариант **модернизации** конструкции печи с подподовыми топками, для которой разработан рациональный режим нагрева с учетом фильтрации продуктов сгорания через насыпную садку.

Практическая значимость результатов заключается в следующем:

1. Произведено уточнение математического описания нагрева насыпных садок в термических печах. Садка, состоящая из хаотично расположенных деталей, заменена твердым телом, имеющим фрактальную структуру, построенным на основе фрактала «губки Менгера».

2. Разработанная методика расчета может быть использована при выполнении режимно-наладочных работ применительно к термическим печам с насыпными садками.

3. Получены результаты экспериментальных исследований изменения температурных полей при нагреве насыпных садок, с различной величиной

порозности, при отсутствии и при наличии фильтрации теплоносителя через садку.

4. Разработана программа, при помощи которой на основе предложенной методики расчета осуществляется поиск рациональных режимов нагрева насыпных садок в термических печах.

5. Предложена полезная модель термической печи, позволившая повысить ее эффективность при сохранении качества нагрева по сравнению с базовым вариантом. Получен акт внедрения полезной модели и патент на полезную модель.

В приложении к диссертации приложен акт внедрения результатов диссертационного исследования Перевезенцева Г.А. в производственный процесс ПАО «Северсталь» г. Череповец.

Достоверность полученных результатов работы подтверждается использованием результатов экспериментальных исследований, а также применением методов математического моделирования. Помимо этого достоверность подтверждается сравнением полученных результатов с результатами, приведенными другими исследователями.

Диссертация представляет законченную научно-квалификационную работу. Цель и задачи, поставленные диссертантом решены в полной мере в рамках данной работы, научная новизна и практическая значимость работы достоверны и внедрены в производство ПАО «Северсталь».

Личный вклад автора в сборе, анализе и обработке полученных экспериментальных данных; расчете показателей эффективности; разработке методики замены реальных насыпных садок геометрической фрактальной структурой, построенной на основе фрактала «губка Менгера»; верификации предложенной методики на основе сравнения с результатами, полученными в своих работах другими авторами, а также по результатам экспериментальных данных; в разработке патента на изобретение РФ №139405; разработке модели модифицированной печи; определении параметров эффективности; подготовке публикаций по тематике работы.

Диссертация включает в себя 5 глав, введение и заключение. Список используемых источников, состоит из 99 наименований.

Автореферат отражает содержание диссертации, приведенные публикации соответствуют содержанию диссертации.

По работе имеются следующие **замечания**:

1. На рис. 2.3 диссертации (стр. 34) показан график зависимости выбора ранга разбиения геометрической фрактальной модели от величины порозности, однако, в диссертации не поясняется, как получается данный график, и что здесь понимается под рангом фрактального разбиения.
2. Непонятно, откуда берется методика подбора фракционной модели, показанная на рис. 2.6, так как ссылки на литературу отсутствуют, а в диссертации обоснования этой методики нет.
3. В диссертации не поясняется, как при численном моделировании определялся коэффициент турбулентной теплопроводности λ_t , и лучистый

тепловой поток внутри пор $q_{л.пор}$ в уравнениях (4.4), (4.12), (4.14), описывающих температурное поле пор, заполненных газом.

4. При наличии фильтрации теплоносителя через насадку должен иметь место теплообмен между теплоносителем и насадкой, однако, уравнений, описывающий данный теплообмен, в диссертации нет.

Приведенные замечания не влияют на научную и практическую значимость полученных результатов и выводов, и не снижают общую положительную оценку выполненной работы.

Заключение

Диссертационная работа Перевезенцева Г.А. «Повышение энергетической эффективности нагревательных печей при нагреве насыпных садов», соответствует требованиям пунктов 9-10 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а её автор, Перевезенцев Григорий Александрович, заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика».

Отзыв подготовлен д.т.н., проф., зав. кафедрой «Теплоэнергетики и теплотехники» Череповецкого государственного университета Лукиным Сергеем Владимировичем.

Диссертация, автореферат, отзыв рассмотрены и обсуждены на заседании кафедры «Теплоэнергетика и теплотехника» «23» мая 2022 года, протокол № 9. Присутствовало на заседании 9 чел. Результаты голосования: «за» – 9 чел., «против» – 0, «воздержалось» – 0.

Заведующий кафедрой
теплоэнергетики и теплотехники
Череповецкого государственного
университета, доктор технических
наук, профессор

Лукин Сергей
Владимирович

23.05.2022

Сведения об организации: Череповецкий государственный университет, 162600, Россия, Вологодская обл., г. Череповец, пр-т Луначарского, д. 5
тел.: +7 (8202) 55-65-97; e-mail: chsu@chsu.ru

