

ОТЗЫВ

официального оппонента доктора технических наук

Гаряева Андрея Борисовича

на диссертацию Перевезенцева Григория Александровича

«Повышение энергетической эффективности нагревательных печей при нагреве насыпных садок», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика

Диссертационная работа Перевезенцева Григория Александровича посвящена важной теме – повышению энергетической эффективности работы нагревательных печей. Такие печи являются основным звеном машиностроительной, металлообрабатывающей и других отраслей промышленности и необходимость повышения эффективности их работы является **актуальной** проблемой, так как совершенствование процессов нагрева металла – один из основных способов экономии топлива и энергии.

Содержание диссертации изложено во введении, пяти главах и заключении.

Во введении обоснована актуальность темы работы, определены ее общая цель и задачи, научная новизна научная значимость и практическая ценность, а также показана структура работы. В **первой главе** приведен обзор современной научно-технической литературы, проанализированы существующие методы определения эффективных теплофизических свойств и тепловых потоков в стационарных и нестационарных процессах нагрева пористых тел. Во **второй главе** приведена оригинальная математическая модель, основанная на замене реальной насыпной садки эквивалентной фракталоподобной структурой, построенной на основе 3-х мерного фрактала «губка Менгера». Подобная модель позволяет исследовать разнообразные структуры в широком диапазоне величин порозности и различной форме поровых каналов. В **третьей главе** описаны результаты экспериментального исследования процесса нагрева насыпных садок, состоящих из 4-х типов структурных элементов при 4-х режимах нагрева. Помимо

этого, приводятся результаты экспериментального исследования аэродинамического сопротивления слоя садок. В результате исследования были получены зависимости величины падения давления в насыпной садке для слоя высотой 0,1 м. **Четвертая глава** посвящена верификации математической модели, основанной на использовании геометрической фракталоподобной модели. Для подтверждения предложенной методики кроме сравнения с экспериментальными данными было проведено сравнение с результатами, полученными в своих работах другими учеными. В **пятой главе** описывается методика повышения энергетической эффективности процесса нагрева в нагревательной печи, а именно, предлагается модернизировать конструкцию печи так, чтобы организовать процесс фильтрации теплоносителя через объем насыпной садки, что позволит интенсифицировать процесс теплообмена. Дана оценка экономического эффекта от внедрения предлагаемой модернизации. В **заключении** предложен обобщающий анализ основных выводов и результатов диссертационной работы.

Научная новизна исследований, выполненных в диссертации, состоит в следующем:

1. **Предложен** способ математического описания нагрева насыпных садок в термических печах в котором садка, состоящая из хаотично расположенных деталей, заменена твердым телом, имеющим фракталоподобную структуру, построенным на основе фрактала «губки Менгера».

2. **Разработана** методика построения геометрической фракталоподобной структуры в 3-х мерной постановке на основе фрактала «губки Менгера», которая позволяет учитывать значение порозности и характерных размеров поровых каналов, в том числе для случаев, если в садке присутствуют элементы различных размеров и формы.

3. **Получены** новые экспериментальные данные по динамике температурных полей и аэродинамическому сопротивлению насыпных садок, отличающихся друг от друга величиной порозности при отсутствии и при наличии фильтрации теплоносителя через садку.

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

Практическое значение работы заключается в следующем:

1. Разработанная методика расчета может быть использована при проектировании термических печей и при проведении режимно-наладочных работ применительно к термическим печам с насыпными садками.

2. Разработана программа, при помощи которой на основе предложенной методики расчета может быть проведен поиск рациональных режимов нагрева насыпных садов в термических печах.

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

Полученные результаты с высокой степенью достоверны. В работе используются апробированные методы математического моделирования; результаты, полученные в ходе расчета процессов в садке по предложенной автором модели, имеют хорошее совпадение с результатами экспериментальных исследований, а также с результатами, полученными другими авторами; используются результаты лабораторных экспериментов, полученные с применением стандартизированных методов и аттестованных средств измерения.

Апробация результатов исследований проводилась на: международной научно-практической конференции «Повышение энергетической эффективности энергетического оборудования-2013» (г. Москва 2013 г.); международных научно-технических конференциях «Состояние и перспективы развития электро- и теплотехнологии «Бернардосовские чтения» в ИГЭУ (г. Иваново 2015, 2017 гг.); международных научно-технических конференциях студентов, аспирантов и молодых ученых « Энергия – 2014, 2022» (г. Иваново); VIII международной научно-практической конференции «Энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в промышленности» (г. Москва, 2016 г.).

По диссертации можно сделать следующие замечания:

1. Предлагаемый автором подход при имеющихся у него преимуществах не описывает контактного термического сопротивления, возникающего при соприкосновении отдельных элементов садки.
2. Предлагаемая автором модель (п.3. научной новизны) – это не модель теплообмена, а скорее геометрическая модель, т.е. модель определения характерных размеров псевдофрактальной структуры и задания геометрии для расчета теплообмена. Указанная модель не полностью представлена в автореферате.
3. Не указаны характерные параметры процесса для рассмотренных в работе случаев, такие как числа Био для элементов садки, числа Рейнольдса для фильтрующегося потока.
4. При обработке экспериментальных данных по перепаду давления в слое садки следовало использовать в качестве определяющих параметров скорость потока, плотность газа и характерный диаметр пор.
5. Не указано, какая модель турбулентности использовалась в расчетах, а также, как вычислялась турбулентная теплопроводность.

Указанные замечания не влияют на общую положительную оценку диссертации, и не затрагивают сути полученных результатов. Рассматриваемая диссертация является законченным научным исследованием, выполненным на актуальную тему, в которой решена актуальная научно-техническая задача повышения энергетической эффективности нагревательных печей при нагреве насыпных садов.

Основные материалы диссертационного исследования отражены в 12 печатных работах, в том числе в 6 статьях в рецензируемых журналах по списку ВАК, 5 тезисах и полных текстах докладов и конференций, получен 1 патент на полезную модель.

Автореферат диссертации полностью соответствует ее содержанию. Диссертационная работа соответствует паспорту специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика по пункту 3 пункту 5.

Таким образом диссертационная работа Перевезенцева Григория Александровича «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 заслуживает присуждения учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика.

Официальный оппонент:

Заведующий кафедрой «Тепломассообменные процессы и установки» ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский университет «МЭИ», доктор технических наук, 05.14.04 – Промышленная теплоэнергетика, профессор

_____ Горяев Андрей Борисович

почтовый адрес: РФ, 111250, г. Москва, ул. Красноказарменная, 14
телефон: (495) 362-70-40
адрес электронной почты: GariayevAB@mpei.ru

Горяев Андрей Борисович

Дата: 30 марта 2022 г.

