

## ОТЗЫВ

официального оппонента на диссертацию Начкебия Натальи Сергеевны на тему «Обоснование рациональных параметров теплообменных насадок компактных регенеративных горелок», представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки)

### **Актуальность темы исследования**

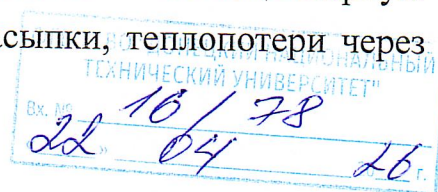
Диссертация Начкебия Н.С. посвящена актуальной проблеме повышения энергоэффективности высокотемпературных печей путём применения компактных регенеративных горелок с шариковой насадкой. Вопросы регенерации тепла во всех отраслях промышленности являются первоочередными для повышения эффективности экономики. Исследования теплоаккумулирующих насадок, их геометрии, газодинамики, материалов проводятся по всему миру. На сегодняшний день, как отмечено автором, не существует общепринятой методики для расчета таких насадок. Разработка такой методики может послужить дополнительным стимулом для внедрения современных энергоэффективных горелок регенеративного типа во всех отраслях промышленности. Кроме всего вышеперечисленного, регенеративные горелки при их правильной эксплуатации способствуют не только увеличению энергоэффективности производства, но и позитивно влияют на экологическую обстановку, способствуют увеличению равномерности нагрева материала в рабочем пространстве печи, а соответственно улучшению качества выпускаемой продукции.

### **Содержание и структура работы**

Диссертация состоит из введения, четырех разделов и заключения.

**Первый раздел** представляет собой обзор научно-технических решений. Автор подробно рассматривает историю развития регенеративных горелок, анализирует применяемые материалы (керамика, металлы, железорудные окатыши), а также упоминает перспективные разработки с плавким ядром. Отмечено отсутствие общепризнанной методики расчёта, что обосновывает цель работы.

**Второй раздел** посвящён разработке математической модели теплообменных процессов. Модель учитывает нестационарную теплопроводность внутри шариков, порозность засыпки, теплопотери через



стенки. Описано планирование эксперимента и создание лабораторной установки на кафедре «Техническая теплофизика» ДонНТУ для верификации разработанной математической модели. Приведена методика определения оптимального времени перекидки клапанов через коэффициент использования тепла топлива (КИТ).

**Третий раздел** содержит экспериментальное подтверждение адекватности модели. Расхождение данных полученных экспериментально и расчетным методом не превышает 5%. Уточнены зависимости изменения температур: для воздуха подтверждена экспоненциальная зависимость ( $R^2=0,9845$ ), для продуктов сгорания предложена логарифмическая ( $R^2=0,9961$ ). Получены критериальные уравнения для параметров  $k$  зависимостей, описывающих изменение температуры для дымовой и воздушной фаз, а также поправочный коэффициент  $b$  для определения температурного напора.

**В четвертом разделе** демонстрируется практическое применение результатов проведенных исследований. Определено оптимальное время перекидки клапанов (20–95 с), рассчитаны конструктивные параметры насадок для горелок мощностью 380–1600 кВт. Выполнен анализ зависимостей массы, высоты, гидравлического сопротивления от скорости потока и температурного напора. Обоснованы рациональные значения скорости теплоносителя (1,2–2,3 м/с) и отношения  $H/D$  (1,35–2,60). Проведенная экономическая оценка показывает срок окупаемости около 6 месяцев при замене традиционного отопления на регенеративное.

Как подтверждение практической значимости работы в диссертации добавлена копия акта внедрения результатов исследования на предприятии НПО «Ясиноватский машиностроительный завод» в условиях кузнечно-прессового цеха.

Структура диссертационной работы выстроена логично, изложение отличается технической грамотностью и ясностью. Последовательность подачи материала соблюдена на протяжении всего текста. Автором разработана математическая модель теплообмена, проведены экспериментальные исследования, уточнена расчётная методика и определены рациональные конструктивные параметры насадок. Работа содержит достаточный объём экспериментальных и расчётных данных. В

автореферате корректно отражены ключевые тезисы и итоговые выводы исследования.

### **Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций**

Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций диссертации Начкебия Н.С. соответствует требованиям, предъявляемым к кандидатским диссертациям по техническим наукам. Используемые методы являются современными и адекватными поставленным задачам. Соответствие между теоретическими и экспериментальными данными подтверждает достоверность полученных результатов и обоснованность защищаемых положений.

Научные положения, выводы и практические рекомендации характеризуются высокой степенью обоснованности. Исследование базируется на фундаментальных законах теплофизики. Математическая модель теплообменных процессов в шариковой насадке построена на дифференциальных уравнениях с обоснованными граничными условиями и допущениями, которые не противоречат физике процесса.

### **Достоверность и новизна научных положений, выводов и рекомендаций**

Корректность поставленных задач, достаточный объем аналитических исследований, согласованность теоретических и экспериментальных исследований подтверждают достоверность научных положений, выводов и рекомендаций.

Научная новизна полученных в диссертационной работе результатов:

1. Впервые в результате исследований установлено, что изменение температуры продуктов сгорания на выходе из насадки в период «дымовой» фазы подчиняется логарифмической зависимости.

2. Впервые получено критериальное уравнение, устанавливающее зависимость величины параметра, характеризующего изменение температуры продуктов сгорания на выходе из насадки, от различных факторов, и позволяющее определить эту величину при проектировании регенеративной горелки.

3. Получены значения оптимального с точки зрения максимизации коэффициента использования топлива времени переключения клапанов регенеративных горелок.

## **Замечания**

По диссертационной работе имеются следующие замечания.

1. В работе не уделено внимание альтернативным насадкам с фазовым переходом. В разделе 1.2 автор кратко упоминает исследования материалов с плавким ядром, но в дальнейшем полностью сосредотачивается на классических керамических шариках. В диссертации отсутствует сравнительный анализ эффективности шариковой насадки и насадки с фазовым переходом для одних и тех же условий работы регенеративной горелки.

2. Не учтена возможность деградации материала насадки при циклических термических ударах. Автор предполагает постоянство теплофизических свойств шариков (теплоёмкости, теплопроводности, плотности) на протяжении всего срока службы. Однако на практике даже корундовые шарики подвержены микротрещинообразованию, спеканию и изменению порозности после нескольких тысяч циклов нагрева-охлаждения.

3. В литературном обзоре указано на возможность проблем, связанных с засорением насадок. При составлении математической модели и методик не предусмотрена возможность учета этого явления.

4. Не рассмотрены насадки с комбинированной засыпкой (разные диаметры шариков или смесь шариков с плавким ядром). Между тем, добавление мелких шариков (или микрокапсул с фазовым переходом) в промежутки между крупными может существенно увеличить удельную поверхность теплообмена и аккумулирующую способность без значительного роста гидравлического сопротивления.

Несмотря на замечания, представленная работа заслуживает положительной оценки.

## **Заключение по диссертационной работе**

Диссертационная работа Начкебия Натальи Сергеевны на тему «Обоснование рациональных параметров теплообменных насадок компактных регенеративных горелок» является завершённым научным исследованием, в которой решена актуальная научно-техническая задача, имеющая практическую ценность. Работа соответствует паспорту научной специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки), а также удовлетворяет требованиям «Положения о присуждении ученых степеней», утвержденного Постановлением Правительства

Российской Федерации от 24.09.2013 № 842 с изменениями (в редакции от 16.10.2024). Соискатель Начкебия Наталья Сергеевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6. Теоретическая и прикладная теплотехника (технические науки).

**Официальный оппонент:**

Кандидат технических наук по специальности 05.14.04 – «Промышленная теплоэнергетика», доцент по специальности 1.3.8. – «Физика конденсированного состояния», доцент кафедры «Физика и прикладная химия» ДОННАСА – филиала

НИУ МГСУ

Покинтелица Елена Анатольевна

Я, Покинтелица Елена Анатольевна, даю согласие на автоматизированную обработку моих персональных данных, указанных в отзыве, и размещение их на сайте ФГБОУ ВО ДонНТУ.

21.04.2026

Подпись Е. А. Поки  
Ученый секретарь У  
ДОННАСА - филиал  
канд. техн. наук, доц

М. Ю. Гутарова

Адрес: Российская Федерация, Донецкая Народная Республика, 286123, г.о. Макеевка, г. Макеевка, ул. Державина, д. 2, «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры» - филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет»

Тел.: +79493828077

E-mail: o.a.pokyntelytsia@donnasa.ru