

## ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Бадретдиновой Гузели Рамилевны  
«ТЕПЛООБМЕН ПРИ КОНДЕНСАЦИИ ПАРОГАЗОВЫХ СМЕСЕЙ С ТВЕРДЫМИ  
ЧАСТИЦАМИ НА ОРЕБРЕННЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ В ТЕПЛООБМЕННЫХ АППАРАТАХ»,  
представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности  
2.4.6 – «Теоретическая и прикладная теплотехника»

Процессы тепломассообмена довольно широко распространены в различных теплоиспользующих аппаратах и установках. Во время эксплуатации теплообменные аппараты могут быть подвержены интенсивному внешнему загрязнению, особенно часто «забываются» оребренные поверхности рекуперативных теплообменников, что снижает коэффициент теплопередачи, повышает аэродинамическое сопротивление и в конечном итоге может привести к убыткам промышленных компаний. Вместе с тем процессы теплообмена, особенно связанные с конденсацией одного из теплоносителей при наличии твердых частиц, зависят от множества факторов и на сегодняшний день являются недостаточно исследованными. В связи с этим тема диссертации Бадретдиновой Г.Р. является актуальной, т.к. направлена на изучение и моделирование процессов теплообмена при конденсации смесей, что способствует прогнозированию образования отложений на оребренных поверхностях в теплообменных аппаратах, а также минимизации степени загрязнения и определению наиболее оптимального места установки устройств для очистки поверхностей от твердых частиц.

В диссертации соискателем поставлены и решены следующие задачи: выполнен анализ причин осаждения твердых частиц на оребренных поверхностях в теплообменных аппаратах при конденсации парогазовых смесей; построены математические модели процесса образования отложений на поверхности ребер цилиндрической и прямой формы при конденсации парогазовых смесей, содержащих твердые частицы; подобрана модель турбулентности, адекватно описывающая тепломассообменные процессы при внешнем обтекании нагреваемой трубы с различным оребрением; проведение численного исследования конденсации парогазовой смеси на поверхности спиральных ребер и сопоставление полученных результатов с экспериментальными данными на промышленном объекте; разработана инженерная методика, позволяющая рассчитать процесс восстановления оребренной поверхности теплообмена после очистки от загрязнений.

Соискатель продемонстрировал уверенное владение предметом исследования, методами дифференциальных вычислений, теорией тепломассообмена, теориями подобия и размерностей, а также численных методов решения краевых задач, знание современных методик экспериментальных исследований и математического моделирования. Научная и практическая значимость работы подтверждается применением современных методов и средств исследований, проведением натурных и численных экспериментов, разработкой инженерной методики, позволяющей рассчитать процесс восстановления оребренной поверхности теплообмена после загрязнений путём смывания отложений водой, а также разработкой прикладных программ для ЭВМ.

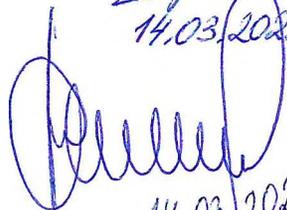
Основные положения автореферата диссертации не вызывают существенных возражений. По содержанию работы имеются частные замечания и вопросы:

1. Не вполне ясен физический величины  $\Lambda = \lambda_p \delta_p$  – термическая проводимость ребра, Вт/К, используемой в уравнении (1) на с. 7 автореферата и далее. Обычно при теплопроводности под термической (тепловой) проводимостью понимают отношение  $\lambda_p / \delta_p$ , Вт/(м<sup>2</sup>К).
2. Из автореферата не ясно, как учитывался размер твердых частиц при разработке математической модели образования отложений на внешней поверхности оребренных труб в теплообменном аппарате при конденсации парогазовой смеси, содержащей твердые частицы.
3. Из теории теплообмена известно, что при конвективном теплообмене в пучках труб происходит «затенение» последующих рядов труб в пучке предыдущими, что оказывает влияние на величину коэффициента теплоотдачи каждого ряда. Учитывалось ли каким-либо образом при расчете значений коэффициента теплоотдачи в U-образных оребренных трубах теплообменника «затенение» 2-й по ходу потока трубы, изображенной на рис. 4 автореферата.

Работа соответствует специальности 2.4.6 – «Теоретическая и прикладная теплотехника», отрасли технических наук, а также требованиям п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, а её автор Бадретдинова Гузель Рамилевна заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по указанной специальности.

Одновременно сообщаем о согласии на включение персональных данных в документы, связанные с работой диссертационного совета, и их дальнейшую обработку.

Исполняющий обязанности заведующего кафедрой  
«Теплогасоснабжение и вентиляция им. В.И. Шарапова»  
УлГТУ, кандидат технических наук, доцент

  
14.03.2025  
  
14.03.2025

Орлов  
Михаил Евгеньевич

Профессор кафедры «Теплогасоснабжение и  
вентиляция им. В.И. Шарапова» УлГТУ, доктор  
технических наук, доцент

Ротов  
Павел Валерьевич

Адрес: 432027, г. Ульяновск, ул. Северный Венец, 32,  
ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный технический университет»,  
кафедра «Теплогасоснабжение и вентиляция им. В.И. Шарапова».  
Телефон: 8(8422)77-85-81, e-mail: tgv@ulstu.ru

Подписи Орлова М.Е., Ротова П.В. удостоверяю.

Проректор по научной работе

ФГБОУ ВО «Ульяновский государственный  
технический университет»



  
Климовский  
Андрей Борисович