ОТЗЫВ

на автореферат диссертации Ахмитшина Алмаза Анасовича «Теплогидравлические характеристики пленочной конденсации пара и интенсификации теплообмена в аппаратах при нагреве сред с повышенной вязкостью», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника

В связи с развитием промышленной теплотехники повышенные требования предъявляются к снижению массогабаритных показателей теплообменных систем и росту их энергетической эффективности. В нефтеперерабатывающей промышленности, промышленной теплоэнергетике существенная доля процессов нагрева сопряжена с переработкой высоковязких технологических сред (нефтяные остатки, котельные топлива, минеральные масла). Движение этих сред в гладких каналах происходит при ламинарном режиме течения, характеризующемся значительным сопротивлением теплоотдачи в пристенном слое, соответственно, низкой эффективностью теплообмена.

Применение пассивных методов интенсификации, основанных на размещении в каналах объемных хаотичных интенсификаторов (дискретных металлических насадок), позволяет трансформировать ламинарный режим течения в развитый турбулентный при относительно критических чисел Рейнольдса больше 40. Таким образом, тема диссертации А.А. Ахмитшина, посвященная изучению теплогидравлических процессов при пленочной конденсации пара и нагреве высоковязких жидкостей в каналах с хаотичными насадками, является своевременной, актуальной и имеет выраженную практическую направленность.

Представленный автореферат демонстрирует высокий методологический уровень выполненной работы, сочетающей аналитические исследования, численное моделирование и верификационные физические эксперименты.

Автор разработал оригинальную двухмерную математическую модель пленочной конденсации пара на вертикальной разделяющей стенке, учитывающую динамику изменения локальных физических свойств пленки и хладагента под воздействием температурного градиента, других факторов. Особый научный интерес представляют результаты моделирования конденсации многокомпонентных сред и паров органических веществ (в частности, третбутилового спирта), что расширяет границы применимости теоретических основ теплотехники.

Экспериментальная часть работы выполнена на специально созданном и оснащенном современными контрольно-измерительными

приборами стенде. Использование в качестве рабочей среды реального промышленного объекта гидравлического масла марки Роснефть HLP 46 позволило получить достоверные данные о средних коэффициентах теплоотдачи и гидравлическом сопротивлении в диапазоне чисел Рейнольдса от 5 до 400. Установленный факт интенсификации теплоотдачи в 6–12 раз в переходной области наглядно доказывает высокую эффективность объемных элементов как турбулизаторов потока.

Достоверность научных положений подтверждается сходимостью результатов численных расчетов с опытными данными (в пределах допустимой погрешности ± 10%), а также корреляцией с классическими трехслойными моделями турбулентного пограничного слоя Оуэна и Кармана.

Научная новизна диссертации заключается в следующем:

• предложена сопряженная система дифференциальных уравнений сохранения массы, импульса и энергии для двух фаз при конденсации в ограниченном пространстве пластинчатого канала;

• выявлены закономерности влияния расхода хладагента на стабилизацию процесса пленочной конденсации.

• получены новые полуэмпирические критериальные зависимости для чисел Нуссельта Nu при ламинарном движении аномально вязких сред в каналах, содержащих хаотичные насадки с высокой порозностью $\varepsilon_{св} > 0{,}9$.

Практическая ценность подтверждается разработкой инженерной методики проектирования пластинчатых теплообменников нового поколения, защищенной патентом РФ на радиально-спиральный аппарат. Разработанные алгоритмы позволяют выполнять как проектные, так и осуществлять поверочные расчеты существующих аппаратов при их модернизации. Результаты диссертации нашли успешное применение в пилотных установках ООО «НТЦ Ахмадуллины» и котельном оборудовании ООО «Теплобокс-Производство», что свидетельствует о высокой степени коммерческой и индустриальной готовности их.

Вопросы и замечания:

1. В автореферате при описании математической модели пленочной конденсации (глава 3) рассматривается частный случай медленных режимов течения ($Re \ll 1$), позволяющих пренебречь инерционными членами в уравнениях сохранения импульса, однако из текста не вполне ясны границы применимости данного допущения.

2. В автореферате недостаточно подробно освещены вопросы эксплуатационной надежности пластинчатых каналов, заполненных мелкими хаотичными элементами, в части, связанными со склонностью к загрязнению (забивке) при длительной работе на реальных высоковязких углеводородных средах, содержащих механические примеси или асфальтосмолопарафиновые отложения.

Материалы автореферата отражают ключевое содержание диссертации, которая является самостоятельным научным исследованием. Публикация 21 научной работы (включая 7 статей в рецензируемых изданиях из перечня ВАК РФ) обеспечивает достаточную открытость и апробацию результатов.

По своей актуальности, уровню научной новизны, теоретической и практической значимости диссертационная работа полностью отвечает требованиям п. 9 «Положения о присуждении ученых степеней» ВАК РФ, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени кандидата наук. Автор Ахмитшин Алмаз Анасович безусловно заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 2.4.6 Теоретическая и прикладная теплотехника.

Ведущий научный сотрудник
ИММ ФИЦ КазНЦ РАН,
профессор кафедры «Материаловедения, сварки и
производственной безопасности» КНИТУ-КАИ
д.т.н., профессор Федяев Владимир Леонидович

тел.: 89673778123
email: vlfed2020@gmail.com

Я, Федяев Владимир Леонидович, согласен на включение в аттестационное дело Ахмитшина Алмаза Анасовича и дальнейшую обработку моих персональных данных, необходимых для процедуры защиты диссертации исходя из нормативных документов Правительства, Министерства науки и высшего образования и ВАК.