

## **ОТЗЫВ**

*на автореферат диссертации*

**Бородкина Станислава Владимировича**

*«Математическое моделирование процессов переноса в сверхкритических теплообменниках на основе сеточных методов», представленной на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности*

*1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ*

Основу большинства технологических процессов энергетики, металлургии, машиностроения, химической промышленности и пр. составляют процессы тепло- и массопереноса. К настоящему времени разработано и исследовано большое число моделей переноса и алгоритмов их численной реализации применительно к специфике различных научных и технических приложений.

Однако, несмотря на достигнутые теоретические и практические успехи в области тепломассопереноса, одной из наименее исследованных является задача моделирования процесса тепломассопереноса в потоках сред в сверхкритическом состоянии. Такое положение дел вызвано существенным изменением теплофизических свойств среды в области фазового перехода. В псевдокритической области среда претерпевает превращение, которое можно интерпретировать как размытый фазовый переход без образования границы, что приводит к существенному немонотонному изменению свойств среды по сечению потока и требует формулировки адекватной математической модели переноса с учётом этих изменений.

В этой связи, актуальность тематики диссертационного исследования Бородкина С.В. продиктована необходимостью дальнейшего развития средств математического моделирования и анализа процессов тепломассопереноса с обменом в нескольких потоках, учитывающих особенности теплопередачи в сверхкритических флюидах, обеспечивающих высокое качество расчета и повышение эффективности функционирования теплообменных устройств в соответствии с требуемыми теплоэнергетическими характеристиками.



Цель диссертационного исследования заключается в разработке математических моделей и алгоритмов их численной реализации применительно к условиям процессов тепломассообмена в сверхкритических теплообменных установках, а также создание на их основе алгоритмов расчета выходных и управляющих параметров теплообменных установок закрытого типа

Для достижения поставленной цели в рамках диссертационного исследования, соискателем формализованы математические модели переноса в двух потоках, обменивающихся через свободную границу, которые используют комбинацию конечноэлементного моделирования, бигиперболической аппроксимации табличных данных и задачи переноса в сверхкритическом потоке, что позволяет моделировать процесс сверхкритического тепломассопереноса в различных схемах потоков и режимах переноса.

Соискателем разработаны алгоритмы численной реализации предлагаемых математических моделей, а также пакет прикладных программ, позволяющий производить расчет, параметрическую идентификацию и моделирование теплообменных устройств закрытого типа, использующих сверхкритические потоки, в различном конструктивном исполнении потоков (противоточные, скрещенные, смешанные) как в стационарном, так и в нестационарном режиме.

Представленные в автореферате результаты исследований, выносимых на защиту, обладают новизной, практической значимостью, были доложены и обсуждены на Всероссийских и Международных научно-технических конференциях, а также на научных семинарах кафедры высшей математики и физико-математического моделирования ВГТУ.

Основное содержание диссертации опубликовано в 11 печатных работах, в том числе в трех статьях в журналах, рекомендованных ВАК РФ; получены два патента РФ и одно свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ.

К замечаниям можно отнести то, что в автореферате соискатель не приводит основные соотношения и параметры использованной  $k-\epsilon$  модели турбулентности.

Однако данное замечание не снижает научной и практической ценности результатов диссертационного исследования.

В целом можно констатировать, что содержание автореферата отражает основные результаты исследования и позволяет заключить, что диссертационное исследование Бородкина Станислава Владимировича является законченной научно-исследовательской работой, содержащей новое решение важной научно-технической задачи. По актуальности выбранной темы, глубине ее проработки, научной ценности и практической значимости результатов, обоснованности выводов и рекомендаций, можно заключить, что диссертационная работа соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям, а Бородкин Станислав Владимирович заслуживает присуждения ученой степени кандидата технических наук по специальности 1.2.2. Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ.

Доктор технических наук, профессор,  
профессор кафедры «Промышленная логистика»  
Бром Алла Ефимовна,  
МГТУ им. Н.Э Баумана,  
105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, д. 5, стр.1,  
МГТУ, ф-т «Инженерный бизнес и менеджмент»,  
рабочий телефон: +7(499) 272-11-63,  
адрес эл. почты: allabrom@bmstu.ru

«6» декабря 2022 г.

А.Е. Бром

КАДРОВ  
АУМАНА  
МАТБЕЕВ