

## РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу «Разработка и расчет теплообменного аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой» Ешжанова Абилды Абдыкадыровича, представленную на соискание степени доктора философии PhD по специальности 6D072400 – Технологические машины и оборудование.

Результаты работы соответствуют приоритетному направлению «Рациональное использование природных, в том числе водных ресурсов, геология, переработка, новые материалы и технологии, безопасные изделия и конструкции» по специализированному научному направлению «Системы очистки сточных вод, газоочистки и пылеулавливания», из числа формируемых Высшей научно-технической комиссией при Правительстве РК, а также направленные на реализацию Стратегии «Казахстан-2050», послания Главы государства «Третья модернизация Казахстана: глобальная конкурентоспособность» от 31 января 2017 года, Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы.

**Актуальность темы.** В связи с ужесточением требований к выбросам промышленных предприятий особое внимание уделяется используемому газоочистному оборудованию. В большинстве случаев технологический парк оборудования действующих предприятий морально и физически устарел. Для проведения процессов газоочистки используются полые форсуночные скрубберы, пенные аппараты, скрубберы Вентури, насадочные аппараты со стационарной насадкой. Указанные аппараты не позволяют проводить совмещенные процессы, некоторые из них обладают повышенным гидравлическим сопротивлением и невысокой эффективностью.

Предлагаемые в диссертационной работе конструкции аппаратов с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой позволяют осуществлять одновременно процессы теплообмена и пылеулавливания с достаточной эффективностью. Они вобрала в себя положительные качества аппаратов со взвешенной насадкой, а именно хаотическое перемещение в объеме рабочей зоны, что способствует очистке внутренних устройств от отложений и аппаратов с регулярным расположением насадочных элементов, несомненным преимуществом которых является использование механизма вихревого взаимодействия потоков.

Изучению гидродинамических характеристик, процессов теплообмена и пылеулавливания в аппаратах с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой, созданию методики расчета и рекомендаций по проектированию промышленных аппаратов посвящена диссертационная работа, что и определяет ее актуальность.

### **Научная новизна работы.**

Исходя из характера движения газа по каналам, образованным регулярно и взвешенной насадкой получены уравнения для расчета удельной

поверхности, объемной порозности и эквивалентного диаметра трубчато - шаровой насадки.

Основываясь на вихревом взаимодействии потоков и установленных закономерностях, получены уравнения для расчета коэффициентов сопротивления, гидравлического сопротивления и количества удерживаемой жидкости, а также частотная характеристика, связывающая частоту истечения струи жидкости при распаде пленки жидкости стекающей с трубчатого элемента с частотой срыва вихря, возникающего при обтекании труб.

Для малых скоростей газового потока, исходя из аналогии между трением и массоотдачей, получено уравнение для определения коэффициентов массоотдачи в газовой фазе. При скоростях газа обеспечивающих режим барботажа уравнение для расчета коэффициентов массоотдачи в газовой фазе получено на основе модели обновления поверхности.

Основываясь на аналогии процессов тепло- и массообмена и, используя уравнения коэффициентов массоотдачи в газовой фазе получены расчетные зависимости для определения коэффициентов теплоотдачи.

Основываясь на модели турбулентно-диффузионного осаждения твердых частиц, получены уравнения для расчета коэффициента турбулентной диффузии и эффективности пылеулавливания.

#### **Достоверность и обоснованность научных положений.**

Достоверность уравнений для расчета удельной поверхности, объемной порозности и эквивалентного диаметра трубчато - шаровой насадки базируется на основных законах гидродинамики при движении потоков по извилистым каналам.

Обоснованность уравнений для расчета коэффициентов сопротивления регулярно размещенных труб, их гидравлического сопротивления и количества удерживаемой жидкости базируется на том, что для их получения использованы известные законы гидравлики и гидродинамики, а также тем, что они адекватно описывают экспериментальные данные. Полученная частотная характеристика, связывающая частоту истечения струи жидкости при распаде пленки жидкости стекающей с трубчатого элемента с частотой срыва вихря, возникающего при обтекании труб является достоверной, так как получена на основе научного открытия в области механики газа и жидкости.

Полученные уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи в газовой фазе при малых и повышенных скоростях газового потока являются обоснованными, так как базируются на моделях об аналогии между трением и массоотдачей и обновления поверхности. Обоснованность уравнений коэффициентов теплоотдачи основана на аналогии процессов тепло- и массообмена с использованием зависимости Льюиса. Достоверность полученных уравнений подтверждена результатами экспериментальных исследований.

Обоснованность уравнений для расчета коэффициента турбулентной диффузии и эффективности пылеулавливания аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой основана на используемой модели

турбулентно-диффузионного осаждения твердых частиц, а достоверность их подтверждена сопоставлением с экспериментальными данными.

**Практическая значимость** диссертации заключается в том, что по результатам исследований создана конструкция теплообменного аппарата, защищенная патентом РК на полезную модель №3656.

Предложена методика инженерного расчета аппаратов с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой, а также рекомендации по проектированию и эксплуатации промышленных аппаратов.

#### **Оценка внутреннего единства полученных результатов.**

Постановка задач, методы их решения и полученные результаты исследований соответствуют сформулированным целям и задачам работы и обладают внутренним единством, направленным на разработку аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой и методики его расчета.

#### **Самостоятельность.**

При ознакомлении с материалами диссертации, проведении собеседования было определено, что соискателем лично проведен анализ конструкций и методов расчета теплообменных аппаратов и пылеуловителей, используемых в процессах абсорбции, контактного теплообмена и пылеулавливания; проведены экспериментальные исследования гидродинамики, процессов массообмена, теплообмена и пылеулавливания аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой и их обработка в виде графических зависимостей. Под руководством научных консультантов создана конструкция аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой, защищенная патентом РК на полезную модель; получены расчетные зависимости для определения основных гидродинамических характеристик, параметров массо – теплообмена и пылеулавливания; проведены промышленные испытания и внедрение аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой; предложены рекомендации по проектированию и эксплуатации промышленных аппаратов.

#### **Академическая честность.**

При написании диссертации соблюдены принципы научной этики, в частности недопущение фабрикации научных данных, фальсификации, плагиата, ложного соавторства, использование литературных данных без ссылок на источник.

**Подтверждение достаточной полноты публикаций основных положений, результатов, выводов и заключения диссертации.**

Результаты проведенных исследований, теоретические выкладки, выводы и заключения диссертационной работы опубликованы в 21 статье, из них 1 статья в издании входящем в базу научных журналов SCOPUS, 4 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 16 статей в материалах международных конференций, а также получен 1 патент РК на полезную модель.

### **Недостатки по содержанию и оформлению диссертации.**

Во введении при проведении «Оценки современного состояния решаемой научной проблемы» наряду с пленочными и барботажными аппаратами можно было отметить аппараты скоростного действия.

1. Из текста разделов 2 и 3 следует, что при их написании использовались результаты исследований аппарата с крупнодырчатыми провальными тарелками. Это необходимо было отразить во введении в пункте «Исходные данные к выполнению работы».

2. Из анализа литературных источников (раздел 1) следует, что для работы скрубберов с подвижной шаровой насадкой конической формы используют полиэтиленовые шары с насыпной плотностью 110-120 кг/м<sup>3</sup>, тогда как в проведенных соискателем исследованиях плотность шаров составляла 600-650 кг/м<sup>3</sup>. Для снижения гидравлического сопротивления было бы целесообразно использовать шары меньшей плотности.

3. Полученные уравнения для расчета основных гидродинамических характеристик, параметров тепломассообмена и пылеулавливания должны сопровождаться диапазоном погрешностей при сопоставлении с экспериментальными данными.

4. В разделе 5 приведены результаты замеров основных параметров газового потока при прохождении газоочистного аппарата. Наглядно было бы выделить такие характеристики, как гидравлическое сопротивление, эффективность очистки и снижение температуры.

**Соответствие диссертации требованиям «Правил присуждения степеней».**

Диссертация Ешжанова Абилды Абдыкадыровича на тему «Разработка и расчет тепломассообменного аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой», представленная на соискание степени доктора философии PhD, является квалификационной научной работой и содержит новые научно обоснованные теоретические и экспериментальные результаты, совокупность которых имеет важное значение для развития гидродинамики, процессов тепломассообмена и пылеулавливания в аппаратах с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой.

Диссертационная работа отвечает требованиям Комитета по контролю в сфере образования и науки МОН РК, предъявляемым к докторским диссертациям, а Ешжанов Абилда Абдыкадырович заслуживает присуждения степени доктора философии PhD по специальности 6D072400 – Технологические машины и оборудование.

к.т.н., ассоциированный профессор,  
заведующий кафедрой «Технология  
фармацевтического производства»  
в Южно-Казахстанской медицинской академии



К.Е. Арыстанбаев

Подпись Арыстанбаева К.Е. удостоверяю.

Оле.

Арыстанбаев