

## РЕЦЕНЗИЯ

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

Из перечня приоритетных направлений развития науки формируемых Высшей научно-технической комиссией при Правительстве Республики Казахстан, представленные в диссертации материалы, соответствуют направлению «Рациональное использование природных, в том числе водных ресурсов, геология, переработка, новые материалы и технологии, безопасные изделия и конструкции», в котором имеется специализированное научное направление «Системы очистки сточных вод, газоочистки и пылеулавливания». Кроме того, результаты соответствуют задачам Государственной программы индустриально-инновационного развития Республики Казахстан на 2015-2019 годы.

**Актуальность темы.** В настоящее время известно большое количество разнообразных по конструкции газоочистных и теплообменных аппаратов, которые к тому же непрерывно совершенствуются.

Значительный интерес представляет класс аппаратов с регулярной структурой насадки в зоне контакта. В таких аппаратах для интенсификации проводимых процессов используются закономерности вихревого взаимодействия потоков газа и жидкости. Наиболее оригинальной является конструкция аппарата с трубчатой насадкой регулярной структуры. Помимо обеспечения вихревого взаимодействия потоков, трубчатые насадочные элементы обеспечивают передачу тепла или отвод избыточного тепла из зоны контакта. При этом орошающая трубы жидкость не смешивается с теплоносителем, движущимся по трубам.

Взяв за основу конструкцию аппарата с трубчатой насадкой регулярной структуры, диссертантом создан аппарат с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой, в контактной зоне которого размещены подвижные шаровые элементы. Данная конструкция аппарата предназначена для очистки газовых выбросов, содержащих высокоадгезионные твердые частицы, и роль подвижных шаровых элементов сводится к недопущению образования отложений на внутренних поверхностях контактной зоны.

Вопросам изучения гидродинамики, процессов теплообмена и пылеулавливания аппаратов с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой, получению основных расчетных зависимостей посвящена диссертационная работа Ешжанова А.А., что и определяет ее актуальность.

### **Новизна работы.**

Используя известные закономерности движения газа по извилистым каналам насадочной зоны, для трубчато - шаровой насадки получены

расчетные зависимости удельной поверхности, объемной порозности и эквивалентного диаметра.

Получены уравнения для расчета гидравлического сопротивления, количества удерживаемой жидкости и газосодержания слоя, в основу которых положены закономерностей вихревого взаимодействия потоков газа и жидкости и уравнения гидростатики.

На основе научного открытия о закономерностях формирования параллельно движущихся вихревых струй при течении потока газа или жидкости через систему поперек к нему расположенных дискретных источников получена частотная характеристика, учитывающая равенство частот истечения струй при распаде пленки и срыва вихрей за трубчатыми элементами.

Исходя из структуры потоков при малых и высоких скоростях газа, получены уравнения для определения коэффициентов массоотдачи в газовой фазе, в первом случае на основе аналогии между трением и массоотдачей, а во втором на основе модели обновления поверхности. Эти уравнения с учетом аналогии процессов тепло- и массообмена использованы для получения формул коэффициентов теплоотдачи.

Получены формулы для расчета коэффициента турбулентной диффузии и определения эффективности пылеулавливания, в основе которых лежит модель турбулентно-диффузионного осаждения твердых частиц.

#### **Степень обоснованности и достоверности научных положений.**

Расчетные зависимости удельной поверхности, объемной порозности и эквивалентного диаметра трубчато - шаровой насадки являются достоверными, так как получены на основе известных закономерностей движения газа по извилистым каналам насадочной зоны.

Уравнения для расчета гидравлического сопротивления, количества удерживаемой жидкости и газосодержания слоя являются достоверными. При их выводе использованы закономерности научного открытия в области механики газа и жидкости и уравнения гидростатики.

Частотная характеристика, учитывающая равенство частот истечения струй при распаде пленки и срыва вихрей за трубчатыми элементами является обоснованной и достоверной, так как получена на основе научного открытия о закономерностях формирования параллельно движущихся вихревых струй при течении потока газа или жидкости через систему поперек к нему расположенных дискретных источников.

Достоверность уравнений для определения коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и теплоотдачи базируется на моделях об аналогии между трением и массоотдачей и обновления поверхности. Кроме того, достоверность их подтверждена сопоставлением с полученными экспериментальными данными.

Достоверность формул для расчета коэффициента турбулентной диффузии и определения эффективности пылеулавливания базируется на используемой модели турбулентно-диффузионного осаждения твердых

частиц и малой величиной погрешности при сопоставлении с экспериментальными данными.

**Практическая ценность** диссертации состоит в том, что конструкция теплообменного аппарата защищена патентом РК на полезную модель №3656.

Разработана инженерная методика расчета аппаратов с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой. Предложены рекомендации по проектированию и эксплуатации промышленных аппаратов.

**Оценка внутреннего единства полученных результатов.**

Постановленные в работе задачи и полученные в ходе их реализации результаты полностью соответствуют целям и обладают внутренним единством, направленным на создание аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой, проведению комплексных исследований, разработке методики его расчета и рекомендаций по проектированию.

**Личный вклад автора в получении результатов** состоит в: анализе литературно-патентных источников по конструкциям теплообменных и пылеулавливающих аппаратов, методикам их расчета; разработке новой конструкции аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой; проведении исследований гидродинамических характеристик, коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и теплоотдачи, эффективности пылеулавливания; получении расчетных зависимостей; разработке рекомендаций по проектированию аппаратов; проведении промышленных испытаний и внедрении аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой.

**Академическая честность.**

Анализ материалов диссертации показал, что при ее подготовке соблюдены принципы научной этики. Не допускалась фабрикация научных данных, фальсификация, плагиат, использование литературных данных без ссылок на источник.

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

Основные положения диссертационной работы, результаты, выводы и заключения опубликованы в 21 статье, из них 16 статей в материалах международных конференций, 4 статьи в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 1 статья в издании входящем в базу научных журналов SCOPUS. Получен 1 патент РК на полезную модель.

**Недостатки по содержанию и оформлению диссертации.**

1. При составлении списка «Обозначения и сокращения» целесообразно было провести расшифровку приведенных критериев.

2. При проведении анализа литературных данных (раздел 1) наряду с коэффициентами массоотдачи в газовой фазе рассмотрены уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи в жидкой фазе, однако такие исследования не были проведены.

3. В разделе 2 приводятся рекомендации по статической высоте слоя насадки, которая составляет для аппаратов с взвешенной насадкой 0,2 м. В ваших исследованиях статическая высота насадки составляла 0,015-0,03 м. С чем это связано?

4. В разделе 2 приведены группы фотографий контактной зоны аппаратов с трубчато-взвешенной насадкой и трубчато-фонтанирующей насадкой в отсутствии орошения (рисунки 2.13 и 2.15) и с орошением (рисунки 2.14 и 2.16). Работа аппаратов проводится только при наличии жидкости, поэтому фотографии без орошения представляются излишними.

5. В разделе 5 при описании промышленных испытаний аппарата с комбинированной регулярно-взвешенной насадкой необходимо было привести его технические характеристики.

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

Диссертационная работа Ешжанова Абилды Абдыкадыровича «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 гидродинамических основ, процессов тепломассообмена и пылеулавливания аппаратов с комбинированной 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.

Д.т.н., профессор кафедры  
естественные науки  
Шымкентского университета

Ш.З.Ескендиров

Подпись Ескендирова Ш.З. удостоверяю:



*Handwritten signature of Sh. Z. Eskenidirov*