

## РЕЦЕНЗИЯ

на диссертационную работу «Разработка и расчет смесительных и поверхностных теплообменных аппаратов с турбулизаторами теплоносителей» Жумадуллаева Даулета Кошкарловича, представленную на соискание ученой степени доктора философии PhD по специальности 6D072400 – Технологические машины и оборудование.

**Актуальность темы.** Во многих технологических процессах происходит передача тепла между контактирующими средами, при этом взаимодействие фаз происходит либо при непосредственном контакте, либо через стенку.

Известно, что для снижения толщины пограничного слоя за счет локальных разрывов, обтекаемой поверхности или повышения интенсивности турбулентных переносов в непосредственной окрестности поверхности теплообмена используют конструктивные методы интенсификации теплообмена. Для этих целей применяются спиральные выступы, спиральные проволочные вставки, сферические выступы и выемки, плоские тонкие ребра вдоль образующей поверхности, волнообразные поверхности каналов, ленточные вставки, лунки различной геометрической формы на поверхности каналов, винтовые профильные трубы, поверхности с сетчато-проволочным оребрением и т.д. В диссертационной работе представлены результаты исследований смесительных и поверхностных теплообменных аппаратов с трубами, имеющими кольцевые выступы и шаровые турбулизаторы потока, расположенные по оси трубы. Данное конструктивное решение позволяет одновременно турбулизировать приграничные слои и ядро потока теплоносителя.

В связи с этим, изучение гидродинамических, тепло- и массообменных процессов протекающих в зоне контакта и внутри трубчатого пучка, создание методик расчета и рекомендаций по проектированию промышленных аппаратов представляется актуальным.

### **Научная новизна работы.**

Исходя из закономерностей вихревого движения в трубах, получена физическая модель, описывающая механизм взаимодействия вихрей, образованных за кольцевыми выступами и шаровыми турбулизаторами и выведены коэффициенты, учитывающие степень взаимодействия вихрей.

Для труб с кольцевыми диафрагмами и сферическими турбулизаторами ядра потока предложены уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи и коэффициентов гидравлического сопротивления.

Применительно к смесительным теплообменным аппаратам с насадкой в виде трубчатого пучка предложены уравнения для расчета коэффициентов сопротивления, гидравлического сопротивления, количества удерживаемой жидкости, коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и теплоотдачи, чисел Шервуда и Нуссельта.



Для поверхностного теплообменного аппарата с трубчатым пучком получены уравнения для расчета гидравлического сопротивления и коэффициентов теплоотдачи.

**Степень обоснованности научных положений, выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации.**

Физическая модель, описывающая механизм взаимодействия вихрей, образованных за кольцевыми выступами и шаровыми турбулизаторами и выведенные коэффициенты, учитывающие степень взаимодействия вихрей являются обоснованными, так как отвечают основным положениям научного открытия в области механики газа и жидкости.

Уравнения для расчета коэффициентов теплоотдачи и коэффициентов гидравлического сопротивления для труб с кольцевыми диафрагмами и сферическими турбулизаторами ядра потока обоснованы тем, что получены на основе экспериментальных данных с использованием апробированных методик.

Обоснованность уравнений для расчета коэффициентов сопротивления, гидравлического сопротивления, количества удерживаемой жидкости, коэффициентов массоотдачи в газовой фазе и теплоотдачи, чисел Шервуда и Нуссельта базируется на том, что они адекватно описывают экспериментальные данные и для их получения использованы известные законы гидродинамики, массо- и теплопередачи.

Обоснованность уравнений для расчета гидравлического сопротивления и коэффициентов теплоотдачи поверхностного теплообменного аппарата с трубчатым пучком основана на том, что для их получения использованы известные законы гидродинамики и теплопередачи.

**Практическая значимость** диссертации заключается в том, что для проведения исследований создана конструкция трубы, имеющая накатку и турбулизаторы ядра потока (инновационный патент РК №28151), а также конструкция тепломассообменного аппарата с регулярной трубчатой насадкой (инновационный патент РК № №30217).

Предложены методики инженерного расчета аппаратов смешительного и поверхностного типов, а также рекомендации по проектированию и эксплуатации промышленных аппаратов.

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

Результаты проведенных исследований, теоретические выкладки, выводы и заключения диссертационной работы опубликованы в 25 статьях, из них 2 статьи в издании входящем в базу научных журналов Scopus, 6 статей в журналах, рекомендованных Комитетом по контролю в сфере образования и науки МОН РК, 15 статей в материалах международных конференций, а также получено 2 инновационных патента РК.



### Недостатки по содержанию и оформлению диссертации.

1. При описании технологической схемы экспериментальной установки (рисунок 2.1) нет описания, как осуществляется регулировка температуры подаваемого теплоносителя.

2. Требуется уточнения (в разделе 2) какое расположение кольцевых выступов и шаровых утолщений обеспечивает максимальный эффект от вихревого движения теплоносителя в трубах.

3. Чем обоснован выбор труб с размером  $d=25$  мм при проведении экспериментальных исследований? Почему не исследованы процессы движения фаз при обтекании труб других размеров? Ведь при одинаковых параметрах движения сплошной фазы в этих случаях режимы синфазного вихреобразования, и, естественно, интенсивность процессов тепло- и массообмена будут различными. Это не дает возможности получения обобщенных расчетных уравнений и методов расчета аппаратов с теплообменниками, изготовленными из труб различных размеров.

4. Для кожухотрубчатых теплообменников при коридорном расположении труб имеется большое количество данных по гидродинамике и теплообмену для различных шагов расположения труб  $1,25 \times 1,25$ ,  $1,5 \times 1,5$ ,  $1,25 \times 2,0$  и т.д. Нет обоснования почему для сравнения результатов исследований выбраны шаги  $2,0 \times 2,0$ .

5. При проведении промышленных испытаний смесительного аппарата с трубчатой насадкой наряду с теплообменом протекал процесс пылеулавливания. Проводились такие исследования в лабораторных условиях?

### Соответствие диссертации требованиям раздела 2 «Правил присуждения ученых степеней».

Диссертация Жумадуллаева Даулета Кошкарловича на тему «Разработка и расчет смесительных и поверхностных теплообменных аппаратов с турбулизаторами теплоносителей», представленная на соискание ученой степени доктора философии PhD, является квалификационной научной работой и содержит новые научно обоснованные теоретические и экспериментальные результаты, совокупность которых имеет важное значение для развития смесительного и поверхностного теплообменного оборудования.

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

К.т.н., проректор по научно-исследовательской работе,  
Институт Мардана Сапарбаева



Л.В. Игнашова

06.11.2018

Подпись Игнашовой Л.В. удостоверяю:

наг. о/к