



ОТКРЫТОЕ АКЦИОНЕРНОЕ ОБЩЕСТВО «НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ И ПРОЕКТНЫЙ ИНСТИТУТ АЗОТНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ПРОДУКТОВ ОРГАНИЧЕСКОГО СИНТЕЗА» (ОАО «ГИАП»)

Россия, 109028, г. Москва, ул. Земляной вал, д. 50А/8, стр.4.

Тел. (495) 916-65-01 Факс (495) 916-63-00

E-mail: info@giap-m.com, Web: http://www.giap-m.com

ОКПО 70032579 ОГРН 1037709064073 ИНН 7709433529 КПП 770901001

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор
ОАО "Научно-исследовательский и
проектный институт азотной
промышленности и продуктов
органического синтеза" (ОАО
«ГИАП»)

«  » Маковоз С.А.

2016 г.

ОТЗЫВ

ведущей организации на диссертационную работу

Городилова Александра Андреевича «Интенсификация процесса тепло-
массообмена в контактных аппаратах с регулярной насадкой», представленную
на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности
05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий

Процессы межфазного взаимодействия между газом и жидкостью широко распространены в промышленности и составляют значительную долю процессов химических технологий. Аппаратурное оформление указанных процессов может быть самым разнообразным. Высокая эффективность тепло-
массообмена между газовой и жидкой средами при наименьшем гидравлическом сопротивлении достигается в контактных аппаратах, оснащенных регулярными насадками. Регулярная насадка часто используется, например, для модернизации отпарных колонн в агрегатах производства аммиака при увеличении их мощности, что позволяет сохранить в допустимых пределах, как гидравлическое сопротивление аппарата, так и степень очистки процессного конденсата от примесей аммиака и метанола.

Разнообразие технических решений в области регулярных насадок предполагает одновременно и разнообразие методологических подходов к расчету процессов, протекающих на смачиваемой поверхности насадки, как на

локальном, так и на макроскопическом уровнях. Часто методология расчета относится к «ноу-хау» производителя насадки и содержится в секрете.

В литературе редко встречаются методики расчета контактных теплообменных аппаратов с регулярными насадками, что создает сложность в проектировании оборудования. Параметры (например, коэффициенты растекания, перемешивания, смачивания и др.) стохастических процессов, протекающих в объеме насадочного аппарата, зависят от структуры насадочного слоя, конструктивных особенностей его элементов. Вычисление этих параметров само по себе является непростой теоретической задачей. Поэтому работы, связанные с разработкой новых конструкций регулярных насадок для процессов контактного тепло- массообмена, должны сопровождаться экспериментальным исследованием и разработкой методов расчета контактных аппаратов, в которых эти насадки используются. Приведенные соображения подтверждают актуальность рецензируемой работы.

Научная новизна диссертационной работы.

В диссертационной работе Городилова Александра Андреевича проведены исследования гофрированно-просечной насадки (ГПН), позволившие получить ряд оригинальных научных результатов:

- установлено, что на поверхности плёнки жидкости, стекающей по поверхности исследуемой насадки, образуются стоячие волны, амплитуда которых уменьшается до нуля с увеличением плёночного числа Рейнольдса до 2200;
- установлена зависимость количества жидкости, перетекающей через щели с одной стороны элемента гофрировано-просечной насадки на другую от плотности орошения;
- показано, что явление перетекания плёнки жидкости с одной стороны элемента гофрировано-просечной насадки на другую наступает при значениях плёночного числа Рейнольдса более 1320. Выявлены стадии и установлены особенности механизма явления;
- изучен процесс охлаждения воды атмосферным воздухом в аппарате с гофрировано-просечной насадкой. Установлено, что расход орошающей

жидкости не влияет на коэффициент массоотдачи при плотности орошения, соответствующей плёночному числу Рейнольдса в диапазоне от 320 до 4400;

- установлено, что предлагаемая насадка по сравнению с плоскопараллельной при одинаковых размерах насадочного блока позволяет осуществлять процесс при скоростях газа до 2,5 м/с. При равных расходах теплоносителей коэффициенты тепло- массообмена увеличиваются в 1,5 – 2,5 раза.

Практическая значимость диссертационной работы.

Результаты диссертации:

- приняты к использованию на ООО «Каскад» г. Москва;
- используются в учебном процессе кафедры инженерной химии и промышленной экологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» при преподавании дисциплины «Техносферная безопасность»;
- могут быть использованы на предприятиях химической, нефтехимической и других отраслей промышленности при разработке и модернизации насадочных контактных аппаратов для проведения процессов контактного теплообмена между газом и жидкостью;
- разработана и защищена патентом РФ № 2533722 конструкция новой регулярной гофрировано-просечной насадки (ГПН), выполненной из алюминиевой фольги, гофрированной в несколько рядов, сдвинутых друг относительно друга;
- разработана и защищена патентом РФ № 152293 конструкция контактного насадочного тепло- массообменного аппарата;

Достоверность научных результатов и выводов диссертационной работы.

Для экспериментального исследования ГПН созданы два стенда. Первый из них предназначен для исследования растекания жидкости по насадке в отсутствии противотока газовой фазы, второй – для проведения измерений в условиях взаимодействия фаз. Устройство стендов позволяет производить измерения относительно простыми, хорошо отработанными и надежными методами. Методика обработки результатов экспериментов базируется на

использовании известных методов, используемых для расчета градирен и поверхностных теплообменников. Таким образом достоверность научных результатов не вызывает сомнений.

Краткая характеристика диссертационной работы.

Диссертационная работа состоит из введения, четырех глав, основных результатов и выводов, списка литературы из 114 наименований и приложений. Основное содержание изложено на 141 странице, содержит 112 страниц текста, 41 рисунок, 3 таблицы, 5 приложений на 15 страницах.

Во введении обоснована актуальность работы, дается краткая характеристика содержания, определены цели и задачи исследования. Сформулированы научная новизна, положения, выносимые на защиту, показана практическая значимость.

В первой главе

- проведен анализ способов интенсификации процессов тепло- массообмена в насадочных аппаратах, представлены конструкции некоторых регулярных насадок.
- проведен анализ работ по исследованию течения пленки жидкости по насадкам и другим поверхностям.
- приведены известные уравнения расчета коэффициентов массоотдачи при взаимодействии газа и жидкости на насадках контактных аппаратов.
- на основе выполненного литературного обзора определены задачи, требующие проведения исследований.

Во второй главе

- представлена конструкция разработанной регулярной гофрировано- просечной (ГПН) насадки.
- описаны конструкции двух стендов для экспериментальных исследований ГПН. Первый стенд позволяет исследовать процесс гравитационного течения пленки жидкости по поверхности предлагаемой насадки при подаче орошения на одну из сторон элемента насадки. Второй стенд позволяет осуществлять исследования процесса тепло- массообмена между воздухом и водой, орошающей блок ГПН.

В третьей главе представлены результаты экспериментов, проведенных на первом стенде.

Показана зависимость количества жидкости, перетекающей через щели в насадке с одной стороны на другую, от расхода жидкости.

На линиях зависимости отношения линейных плотностей орошения на разных сторонах ГПН от пленочного числа Рейнольдса найдена точка начала перетекания жидкости через щели в насадке и его лавинообразного нарастания, а также предложен механизм появления и развития этого процесса.

Обнаружено явление гистерезиса линий зависимости отношения линейных плотностей орошения на разных сторонах ГПН от пленочного числа Рейнольдса, полученных при повышении и понижении линейной плотности орошения на активной стороне ГПН.

Четвертая глава посвящена исследованию процесса тепло- массообмена в блоке ГПН между воздухом и водой. Экспериментально доказано отсутствие влияния расхода жидкости при малых скоростях газа на коэффициент массоотдачи в широком диапазоне значений плотности орошения. Представлены результаты экспериментов с различными параметрами конструкции блока насадки (длина, зазор между элементами насадки) при изменении температуры жидкости. Приведены результаты сравнения ГПН с другими конструкциями регулярных насадок на основании анализа литературных источников, а также с плоскопараллельной насадкой на основании экспериментов автора. Предложены критериальные уравнения для расчета коэффициентов массоотдачи на ГПН и плоскопараллельной насадке.

Пятая глава посвящена разработке методики расчета контактного аппарата с ГПН. В основе методики расчета положено критериальное уравнение, полученное в предыдущей главе. Предложены эмпирические уравнения для определения основных геометрических характеристик предлагаемой насадки от величины зазора между элементами насадки.

В приложениях представлены отдельные результаты экспериментов, акты о внедрении результатов работы, а также патенты РФ.

Автореферат диссертации и публикации автора достаточно полно отвечают содержанию диссертации. По материалам диссертационной работы опубликовано 20 научных работ, в том числе 3 статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК, 1 статья в зарубежном журнале, 2 патента РФ, 10 тезисов докладов и 1 учебное пособие.

Некоторые замечания:

1. На первом стенде распределитель орошения выполнен в виде перфорированного цилиндрического канала. Автор не приводит данных относительно конструкции распределителя. Между тем количество жидкости, вытекающей через отверстия, изменяется по длине канала и зависит от:

- свободного сечения перфорации
- отношения l/d
- числа Рейнольдса во входном сечении.

При неблагоприятных значениях указанных параметров (например, больших значениях l/d) распределение количества вытекающей жидкости по длине канала, а следовательно и линейной плотности орошения элемента ГПН, может заметно отличаться от равномерного.

2. Распределение воздуха по поверхности насадочного объема на втором стенде. Критерием равномерности распределения потока газа по поверхности насадочного объема служит значение числа Эйлера ($2 * \Delta P / \rho w^2$). Автор не приводит значение этого числа.

3. Перечень обозначений не включает часть используемых автором символов.

Сделанные замечания существенно не сказываются на общей положительной оценке результатов работы, содержащей научно-обоснованные данные, позволяющие решить важные народнохозяйственные задачи по совершенствованию таких технических устройств, как контактные теплообменные аппараты.

Все выносимые на защиту положения и выводы аргументированы и соответствуют поставленным задачам.

Диссертационная работа Городилова А.А. является завершенной научно-квалификационной работой, в которой изложены научно обоснованные

технические решения, внедрение которой вносит значительный вклад в развитие страны.

Представленная диссертационная работа Городилова А.А. соответствует паспорту специальности 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий»:

- формуле специальности в пункте: «научная дисциплина ориентирована на совершенствование аппаратурного оформления технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения».
- области исследования в пункте «способы, приемы и методология исследования тепловых процессов в технологических аппаратах и технологических схемах, исследования массообменных процессов и аппаратов».

Диссертационная работа Городилова Александра Андреевича «Интенсификация процесса тепло- массообмена в контактных аппаратах с регулярной насадкой» полностью соответствует требованиям ВАК РФ, предъявляемым к кандидатским диссертациям п.9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

На основании вышеизложенного можно заключить, что Городилов Александр Андреевич заслуживает присуждения ему ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий».

Отзыв заслушан и одобрен на заседании НТС (протокол №2 от «02» июня 2016 г.)

Директор по развитию
ОАО «ГИАП»,
доктор технических наук,
профессор



Сергеев С. П.