

ОТЗЫВ
официального оппонента Сидягина Андрея Ананьевича
на диссертационную работу Городилова Александра Андреевича
«Интенсификация процесса тепломассообмена 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 тепломассообмена в газожидкостных системах находят широкое применение в химической и смежных отраслях промышленности. Значительную часть этих процессов реализуют в насадочных аппаратах, отличающихся высокой удельной производительностью и небольшим гидравлическим сопротивлением. Достаточно широкое распространение получил процесс испарительного охлаждения в градирнях при взаимодействии оборотной воды и атмосферного воздуха. Испарительное охлаждение является наиболее экономичным, современным и распространенным способом отвода низкопотенциального тепла от технологического оборудования в водооборотных циклах химических и энергетических установок.

В настоящее время в промышленности активно применяются регулярные насадки, характеризующиеся высокой эффективностью и умеренным гидравлическим сопротивлением. При разработке новых эффективных конструкций регулярных насадок требуется экспериментальное подтверждение их показателей работы и создание методик расчета, позволяющих обеспечить проектирование и дальнейшее промышленное использование насадочных аппаратов. В связи с этим, представленная диссертационная работа является актуальной.

Целью работы Городилова А.А. является разработка новой высокоэффективной насадки с гофрировано-просечной поверхностью (ГПН-насадки) и изучение процесса контактного теплообмена при соприкосновении газового потока и жидкости на поверхности этой насадки.

Для достижения поставленной цели автором решались следующие задачи:

- разработка новой эффективной конструкции регулярной насадки;
- исследование особенностей гравитационного течения плёнки жидкости по поверхности новой насадки;
- исследование процесса контактного теплообмена в условиях перекрёстного тока между газом и плёнкой жидкости, гравитационно стекающей по поверхности новой насадки;
- разработка методики расчета контактного тепломассообменного аппарата с разработанной насадкой.

В качестве положений, отнесенных к научной новизне, следует выделить:

- на поверхности плёнки жидкости, стекающей по поверхности исследуемой насадки выявлены стоячие волны, амплитуда которых

уменьшается до нуля с увеличением плёночного числа Рейнольдса до 2200;

– в результате исследования явления перетекания жидкости с одной стороны элемента насадки на другую через щели в поверхности насадки при подаче орошающей жидкости на одну из сторон элемента ГПН-насадки, установлена зависимость количества жидкости, перетекающей на другую сторону элемента ГПН-насадки от плотности орошения;

– изучен и описан механизм перетекания плёнки жидкости с одной стороны элемента ГПН-насадки на другую, происходящего при значениях числа Рейнольдса плёнки более 1320;

– предложен безразмерный симплекс, представляющий собой отношение количества жидкости, перетекающей с одной стороны элемента насадки на другую, к общему расходу жидкости, который позволяет оценивать чувствительность регулярных насадок с перфорацией к равномерности орошения;

– установлено, что в процессе охлаждения воды атмосферным воздухом в аппарате с ГПН-насадкой, расход орошающей жидкости не влияет на коэффициент массоотдачи при плотности орошения, соответствующей значениям числа Рейнольдса плёнки от 320 до 4400.

– установлено, что предлагаемая насадка, по сравнению с плоскопараллельной насадкой аналогичных размеров и конфигурации блока, обладает более высокой эффективностью, и позволяет осуществлять процесс при скоростях газа, достигающих 2,5 м/с, при этом обеспечивается интенсификация процесса тепломассообмена в 1,5 – 2,5 раза при тех же расходах теплоносителей.

Практическая значимость работы состоит:

– установлена возможность использования результатов работы на предприятиях химической, нефтехимической и других отраслей промышленности при разработке и модернизации насадочных контактных аппаратов для проведения процессов контактного теплообмена между газом и жидкостью;

– получен патент РФ № 2533722 на конструкцию новой регулярной гофрировано-просечной насадки (ГПН), выполненной из алюминиевой фольги, гофрированной в несколько рядов, сдвинутых друг относительно друга;

– получен патент РФ № 152293 на конструкцию контактного насадочного тепломассообменного аппарата;

– результаты диссертационной работы использованы ООО «Каскад»;

– результаты диссертационной работы использованы в учебном процессе кафедры инженерной химии и промышленной экологии ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна» при преподавании дисциплины «Техносферная безопасность».

Диссертационная работа состоит из введения, литературного обзора (глава 1), описания экспериментальных установок и методик проведения экспериментов (глава 2), глав, в которых описаны результаты

экспериментальных исследований (главы 3-4), главы 5, в которой представлена методика расчета контактного аппарата с разработанной насадкой, выводов, списка цитируемой литературы из 114 библиографических источников, и пяти приложений. Общий объем диссертации составляет 141 страницу.

Во введении обоснована актуальность темы исследования, определены его цель и подлежащие решению задачи, охарактеризованы научная новизна и практическая значимость диссертационной работы, приведены положения, выносимые на защиту.

Первая глава содержит литературный обзор, в котором кратко приведены конструкции насадочных контактных устройств для тепломассообменных процессов, конструктивные способы интенсификации процесса контактного теплообмена, особенности течения пленки жидкости по поверхностям регулярных насадок, особенности процесса контактного теплообмена при соприкосновении газа и пленки жидкости, сформулированы цель и задачи диссертационной работы.

Во второй главе автором предложено в качестве основного пути интенсификации процесса контактного теплообмена использовать новую конструкцию регулярной насадки, состоящей из гофрированных особым образом металлических листов. Здесь же представлены конструкции экспериментальных стендов и методик проведения экспериментов. Первый стенд позволяет исследовать течение пленки жидкости по поверхности предложенной насадки. Второй экспериментальный стенд позволяет проводить тепломассообменные испытания блока насадки в перекрестном токе воздуха и воды.

В третьей главе представлены результаты исследования процесса гравитационного течения пленки жидкости по поверхности предлагаемой насадки. Автором проведены исследования процесса перетекания пленки жидкости через щели в поверхности элемента насадки. Предложено использовать для оценки способности регулярных насадок равномерно распределять жидкость по своей поверхности безразмерных симплекс, равный отношению расхода жидкости, перетекающей через щели в насадке к общему расходу жидкости. Установлен механизм перетекания жидкости с одной стороны элемента насадки на другую, состоящий из шести стадий. Показано значительное влияние на явление перетекания жидкости через щели в насадке увеличение или уменьшение расхода жидкости.

В четвертой главе представлены результаты тепломассообменных испытаний блока предлагаемой насадки. Экспериментально подтверждено отсутствие влияния расхода жидкости на коэффициент массоотдачи при малых скоростях газа, до наступления турбулентного режима течения. Показано, что при скоростях газа, соответствующих числу Рейнольдса газа более 2500, имеет место снос жидкости с поверхности насадки. Экспериментально подтверждено явление уменьшения коэффициента массоотдачи при росте температуры жидкости. Исследования с различными зазорами между соседними элементами насадки и различной длиной блока

насадки показали, что с ростом зазора между элементами насадки и уменьшением длины блока насадки увеличивается коэффициент массоотдачи. Предложено критериальное уравнение для расчета критерия Шервуда. Представлены результаты экспериментального сравнения эффективности предлагаемой насадки с плоскопараллельной насадкой, показавшие более высокую эффективность ГПН-насадки, по сравнению с плоскопараллельной. Приведено сравнение с другими насадками на основании литературных источников. Показана более высокая эффективность ГПН-насадки по сравнению с существующими конструкциями регулярных насадок.

В пятой главе представлена методика расчета контактного аппарата с ГПН-насадкой на примере поперечноточной градирни. Исходными данными для расчета являются температура воды на входе и выходе из градирни, расход воды, а также географическое место расположения градирни. Методика предполагает итерационные вычисления, причем в первом приближении принимаются температура и влажность воздуха на выходе из градирни. В последующих приближениях используются параметры воздуха, найденные в предыдущем приближении. В результате расчетов определяются базовые геометрические размеры блока насадки и требуемый расход воздуха. В конце расчетов использована формула пересчета линейной плотности орошения в объемную, что необходимо для выбора оросительного устройства.

Выводы по работе содержат 6 положений, которые в целом соответствуют основным полученным результатам.

Библиографический список содержит 114 отечественных и зарубежных литературных источников.

В приложениях приведены результаты экспериментов при различных размерах блока насадки, демонстрирующие влияние длины блока насадки и зазора между соседними элементами на критерий Шервуда. Также представлены экспериментальные данные, обработанные по методике, нашедшей распространение в энергетике для градирен. Здесь же представлены копии актов о внедрении и патентов, полученных автором на предложенную насадку и на перекрестноточный аппарат, подтверждающие практическую значимость диссертационной работы.

Личный вклад автора заключается в постановке совместно с научным руководителем цели и задачи исследования, проведения экспериментальных исследований, обработке и обсуждении полученных экспериментальных данных, написании научных статей и подаче заявок на патенты.

Текст диссертации написан понятно, технически грамотно, результаты экспериментов убедительно и аргументировано обсуждены с привлечением литературных источников.

Автореферат диссертации и публикации, в том числе в журналах, рекомендованных ВАК, в достаточной степени полно отвечают содержанию диссертации. По материалам диссертационной работы опубликовано двадцать работ, в том числе три статьи в изданиях, рекомендуемых ВАК,

одна статья в зарубежном журнале, два патента РФ, десять тезисов докладов и одно учебное пособие.

К замечаниям по диссертационной работе можно отнести:

1). Слишком «затянутый» литературный обзор, объем которого составляет почти 40% от объема основного текста работы. Автору следовало более четко структурировать материал и, по возможности, равномерно представить его по главам работы.

2). Несмотря на всю значимость проведенных исследований по изучению перетекания жидкости с одной стороны насадки на другую и выявление механизма этого перетекания, этот компонент работы вряд ли имеет существенное практическое значение, так как в условиях реального газо-жидкостного взаимодействия на пленку жидкости, несомненно, будет оказывать влияние газовый поток и выявленные режимы будут иметь другие границы. Возможно, что и установленный автором гистерезис по количеству перетекающей жидкости с одной стороны элемента насадки на другой при постепенном увеличении и при постепенном снижении плотности орошения в условиях газожидкостного взаимодействия не будет столь явно выраженным.

3). Для оценки интенсивности теплоотдачи, автор выбирает «кружной путь»: сначала оценивает коэффициент массоотдачи по методике испарения влаги в воздух, а затем на основании аналогии Льюиса пытается установить значения коэффициента теплоотдачи. Во-первых, при использовании испарительной методики на результаты эксперимента оказывают слишком сильное влияние многие факторы: температура воздуха и воды, начальная влажность воздуха, скорость обдува влажным потоком датчика «мокрого» термометра и т.д., все это приводит к снижению достоверности полученных результатов и требует многократного воспроизведения опыта и отбраковки неточных данных, что, по-видимому, автором не проводилось. Во-вторых, аналогия Льюиса, в большинстве случаев позволяет получить лишь качественную оценку и сама по себе не является строгим соотношением, показывающим надежный результат.

Отмеченные недостатки не могут повлиять на общую положительную оценку диссертации, представляющую собой законченное научное исследование, характеризующееся научной новизной и имеющее практическую ценность.

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 тепломассообмена в контактных аппаратах с регулярной насадкой» является завершенной научно-квалификационной работой, полностью соответствующей требованиям п. 9 «Положения о порядке присуждения ученых степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842.

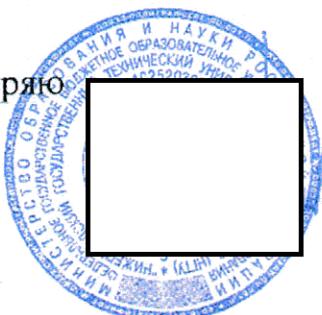
Автор работы, Городилов Александр Андреевич, несомненно, заслуживает присвоения ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.17.08 – Процессы и аппараты химических технологий.

профессор кафедры «Технология и оборудование химических и пищевых производств» Дзержинского политехнического института (филиала)
ФГБОУ ВО «Нижегородский государственный технический университет им.Р.Е. Алексеева»,
доктор технических наук, доцент

 А.А. Сидягин
14.06.2016.

Подпись А.А. Сидягина заверяю
Директор ДПИ НГТУ
им.Р.Е. Алексеева

В.Ф. Кулепов



Адрес:
606026, г. Дзержинск, Нижегородская обл.,
ул. Гайдара, 49
Тел.: (8313) 34-07-01
e-mail: mahp@dfngtu.nnov.ru