

ОТЗЫВ
официального оппонента Чагина Олега Вячеславовича
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 между газом и жидкостью играют важную роль во многих химических производствах. К числу наиболее эффективных способов межфазного взаимодействия в системах газ-жидкость относится их взаимодействие на насадках в контактных аппаратах.

Одним из процессов контактного взаимодействия в газожидкостных системах является контактный теплообмен, представляющий собой процесс передачи тепла между газом и жидкостью при их непосредственном соприкосновении. В отличие от процессов теплообмена в рекуперативных (поверхностных) теплообменных аппаратах, при контактном теплообмене совместно с процессом теплообмена происходит массообмен за счет испарения жидкости в поток газа, или конденсация влаги из газа. Процессы контактного теплообмена сопровождают многие массообменные процессы в газожидкостных системах, а также используются при утилизации тепла отходящих газов контактных сушилок, при испарительном охлаждении оборотной воды и т.д..

Преимущество контактного теплообмена по сравнению с рекуперативным заключается в его более высокой интенсивности, за счет отсутствия разделяющей потоки теплоносителей стенки. При этом массообмен зачастую может ускорять процесс передачи тепла, как это происходит в градирнях, так и замедлять его, если поток газа не является насыщенным парами жидкости, а его температура выше.

Однако данный процесс недостаточно полно исследован, а расчетные уравнения для контактных теплообменных аппаратов зачастую являются адекватными лишь для насадок, использование которых в настоящее время ограничено из-за их низкой энергоэффективности. При этом отсутствие в литературе методик расчета усложняет разработку такого оборудования. Таким образом, решаемая в диссертационной работе Городилова А.А. задача, посвященная повышению эффективности процесса контактного теплообмена

при соприкосновении газового потока и жидкости за счет использования насадки с гофрировано-просечной поверхностью, является несомненно актуальной и её прикладное и фундаментальное значение не вызывает сомнений.

При решении задач, направленных на достижение поставленной цели, Городиловым А.А. были получены результаты, имеющие существенную научную новизну, к которым в первую очередь относятся:

- обнаружено явление перетекания плёнки жидкости с одной стороны элемента насадки на другую через щели в поверхности насадки при подаче орошающей жидкости на одну из сторон элемента ГПН-насадки. Также установлена зависимость количества жидкости, перетекающей через щели с одной стороны элемента ГПН-насадки на другую от плотности орошения.
- выявлены стадии и установлены особенности механизма перетекания плёнки жидкости с одной стороны элемента ГПН-насадки на другую, которое наступает при значениях пленочного числа Рейнольдса > 1320 ,
- для оценки чувствительности регулярных насадок с перфорацией к равномерности орошения, предложен безразмерный симплекс, представляющий собой отношение количества жидкости, перетекающей с одной стороны элемента насадки на другую, к общему расходу жидкости,
- изучен процесс охлаждения воды атмосферным воздухом в аппарате с ГПН-насадкой. Установлено, что расход орошающей жидкости не влияет на коэффициент массоотдачи при плотности орошения, соответствующей пленочному числу Рейнольдса в диапазоне от 320 до 4400.

Практическая значимость работы очевидна, поскольку установленные закономерности и предложенная регулярная насадка позволяют использовать результаты 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. На конструкцию новой регулярной гофрировано-просечной насадки и контактный насадочный тепломассообменный аппарат получены патенты РФ. Результаты работы приняты к использованию ООО «Каскад», а также 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».

Диссертационная работа состоит из списка условных обозначений, введения, пяти глав, основных выводов, списка литературы, а также пяти

приложений, содержащих отдельные результаты экспериментальных исследований, акты о внедрении, а также патенты, полученные автором.

Во введении кратко сформулированы цель и задачи работы, указана научная новизна и практическая значимость.

Первая глава посвящена анализу существующих насадок для тепломассообменных процессов. Показано, что несмотря на то, что в условиях контактного теплообмена лимитирующей процесс стадией является диффузия паров жидкости из ядра потока газа к границе раздела фаз, значительное влияние на интенсивность контактного теплообмена оказывает расход жидкой фазы. Проведен достаточно полный анализ результатов исследований в области течения жидкости по поверхностям регулярных насадок. На основании анализа экспериментальных данных других авторов по особенностям плёночного течения жидкости по поверхности регулярных насадок, основных расчетных уравнений процесса контактного теплообмена, а также существующих конструкций регулярных насадок, поставлены задачи исследования.

Вторая глава посвящена описанию экспериментальной части работы. Автором предлагается конструкция регулярной насадки (ГПН-насадки), приводятся её основные геометрические характеристики. Представлены конструкции экспериментальных стендов и методик проведения экспериментов.

В третьей главе представлены результаты экспериментального исследования процесса плёночного течения жидкости по поверхности единичного элемента ГПН-насадки.

В четвертой главе представлены результаты экспериментальных исследований блока предлагаемой автором ГПН-насадки по методике испарительного охлаждения воды в поток атмосферного воздуха. Также представлены результаты сравнительных испытаний данной насадки с плоскопараллельной насадкой при равных размерах блока насадки. Приводятся результаты сравнения ГПН-насадки с насадками других авторов на основании анализа литературных источников.

В пятой главе изложена разработанная автором методика расчета контактного аппарата на примере поперечноточной градирни, позволяющая рассчитать требуемый объём насадки и скорость воздуха.

Работа аккуратно оформлена, написана хорошим техническим языком, в ней использован большой объем литературы по рассматриваемой проблеме.

Замечания по диссертационной работе:

1. В главе 3, при исследовании гидродинамики пленочного течения жидкости по поверхности насадки, не показано влияние движения газового потока на режим течения пленки жидкости и процесс волнообразования на ее поверхности.
2. Не приведены данные по зависимости гидравлического сопротивления насадочного пакета от фиктивной скорости газа и плотности орошения жидкости.
3. Утверждение, представленное на странице 82, о том, что развитие турбулентности в газовом потоке соседствует с явлением уменьшения коэффициента массоотдачи за счет сноса жидкости, представляется ошибочным, так как данные на графиках 4.1. и 4.2. говорят об обратном.
4. Рис. 4.3 демонстрирует слабую конструктивную жесткость насадочного слоя. При фиктивной скорости газа 3 м/с листы насадки дрожат, вызывая срыв жидкости с их поверхности. Поэтому считаю, что говорить о негативном влиянии турбулентности газового потока на процесс массопередачи преждевременно.
5. В критериальном уравнении для ГПН-насадки^{4.18} не учтено влияние режима движения жидкости. В то же время, в уравнении 4.19 для ППН-насадки, с которой сравнивается исследуемая насадка, такое влияние учтено.
6. Вывод к главе 4 о том, что “рост скорости газа более 2,5 м/с ... приводит к сносу жидкости с насадки, что является следствием уменьшения коэффициента массоотдачи с ростом скорости газа” – ошибочен.
7. Представленный график 5.3. необходимо переместить в главу 4 и провести исследование наиболее оптимальной конфигурации насадочного пакета.

Отмеченные замечания, однако, не затрагивают основного содержания работы и не снижают общей положительной оценки о проделанной диссертационной работе, представляющей собой законченное научное исследование, характеризующееся научной новизной и имеющее практическую ценность.

Работа прошла достаточную апробацию, материалы были представлены на 9 всероссийских и международных конференциях. Результаты диссертационной работы были в полной мере отражены в 3 статьях в журналах, входящих в перечень рецензируемых научных изданий,

рекомендованных ВАК. Автором получено 2 патента РФ. Автореферат полностью соответствует структуре и содержанию диссертации.

Диссертационная работа Городилова А.А. соответствует паспорту специальности 05.17.08 – «Процессы и аппараты химических технологий» в пункте формулы специальности: «научная дисциплина ориентирована на совершенствование аппаратурного оформления технологических процессов с позиций энерго- и ресурсосбережения»; в 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.

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

доцент кафедры машин и
аппаратов химических производств»

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
химико-технологический
университет (ИГХТУ),
кандидат технических наук, доцент
153000 г. Иваново,

пр. Шереметьевский, 7
Тел.: (84932) 32-40-03
e-mail: chagin@isuctr.ru



О.В. Чагин

10.06.2016

Подпись О.В. Чагина заверяю
Учёный секретарь , к.т.н., доцент



Н.Е. Гордина