

О Т З Ы В

на диссертацию Овсянника Анатолия Васильевича
«Теплообмен при кипении на развитых поверхностях в промышленных теплообменных аппаратах», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 «Теплофизика и теоретическая теплотехника» в связи с переемтестацией, как обладателя иностранных документов

Соответствие диссертации специальностям и отрасли науки, по которым она представлена. Докторская диссертация А. В. Овсянника соответствует области исследований п.4 «Тепло- и массоперенос в газах, жидкостях и твердых телах» паспорта специальности 01.04.14 - теплофизика и теоретическая теплотехника, отрасли - технические науки.

Актуальность темы диссертации. Повышение эффективности теплопереноса в теплообменных аппаратах является актуальным научным направлением. Ежегодно выходит большое количество публикаций по данной проблеме. Например, которые представлены в электронной базе данных «ACADEMIA» за несколько последних лет. Подавляющее большинство из которых посвящено интенсификации теплообмена в однофазных потоках. Повышение эффективности теплопереноса может достигаться различными методами: воздействием на структуру потока, добавлением присадок в виде наноструктур, развитием площади поверхности теплообмена добавлением ребер и использованием капиллярной структуры, что позволяет уменьшить массогабаритные характеристики теплообменных устройств. В рассматриваемой диссертации представлены результаты повышения эффективности теплообмена путем использования развитых оригинальных поверхностей при пузырьковом кипении на горизонтальных поверхностях, которое реализуется в испарителях тепловых насосов и холодильных машин, в выпарных аппаратах химической технологии, и в энергетике небольших мощностей. Конечный результат в виде зависимостей для коэффициентов теплоотдачи (КТО) является актуальным, практически важным и необходимым для проектирования эффективных испарителей и анализа их работы в составе установок, работающих в нерасчетных режимах.

Степень новизны результатов, представленных в диссертации, в исследовании пузырькового кипения на неизотермических поверхностях заключается:

– разработанным экспериментальным подходом, позволяющим получить данные по теплообмену в условиях сложного взаимного влияния давления, плотности теплового потока, температурного напора, конструктивных параметров поверхности кипения и физических свойств хладагентов;

– в получении закономерностей экспериментальными и теоретическими методами в процессах переноса теплоты при кипении на ребренных поверхностях в режиме свободной конвекции низкокипящих жидкостей и хладагентов R134a, R404a, R407c, R410a, используемых на практике, с

установлением влияния теплофизических свойств веществ, режимных факторов, характеристик процесса кипения и конструктивных размеров теплоотдающей поверхности на коэффициенты теплоотдачи;

– в обобщении большого объема экспериментальных данных с получением уравнений подобия для расчета КТО, имеющих удовлетворительную точность, для достоверного проектирования теплообменных устройств;

– в разработанной модели теплообмена на ребре, обоснованной экспериментально и позволившей получить новые сведения о теплоотдаче для широкого спектра профилей ребра и исследованных хладагентов.

Обоснованность и достоверность выводов и рекомендаций, сформулированных в диссертации. Достоверность экспериментальных данных основывается на использовании поверенных средств измерения температуры и давления, а также проведенными опытами с использованием ацетона и спирта и сравнением их результатов с обоснованными данными других исследователей, которые показали хорошее согласование. Обоснована точность, полученных в дальнейшем новых результатов, которая находится в пределах ~20%, что является весьма удовлетворительным для такого сложного процесса как кипение, зависящего от физических свойств рабочей среды, состояния поверхности теплообмена и собственно методики проведения эксперимента.

Экспериментальные данные послужили основой для представления результатов в виде уравнений подобия удобном для практического использования при определении коэффициентов теплоотдачи. Общий методологический подход, использованный для описания и обобщения результатов исследования, на основе предложенных физической и математической модели, позволил получить достоверные обобщающие соотношения для определения коэффициентов теплоотдачи для развитого пузырькового кипения на неизотермических поверхностях, которые необходимы при практическом использовании исследуемых поверхностей теплообмена в процессе проектирования теплообменников.

Научная, практическая, экономическая и социальная значимость результатов диссертации с указанием рекомендаций по их использованию. Научная значимость результатов диссертации заключается в комплексном экспериментальном и теоретическом изучении теплообмена при пузырьковом кипении перспективных на момент защиты диссертации хладагентов R134a, R404a, R407c и R410a, допустимо воздействующих на окружающую среду, и с учетом влияния режимных и конструктивных факторов, особенностей свойств кипящих жидкостей. Режимные факторы включают плотность теплового потока, давление и температурный напор, а конструктивные – параметры ребристых и капиллярно-пористых теплоотдающих развитых поверхностей теплообмена. В частности было установлено незначительного влияния давления на интенсивность теплообмена при развитом пузырьковом кипении на ребристых поверхностях

при плотностях теплового потока $\geq 40 \text{ кВт/м}^2$. Установлена независимость коэффициентов теплоотдачи на ребренной поверхности от профиля и типа ребра. Получены локальные характеристики параметров при пузырьковом кипении на ребристых поверхностях теплообмена.

Практическая ценность результатов заключается в получении уравнений подобия для коэффициентов теплоотдачи при кипении на исследованных поверхностях, которые необходимо для проектирования эффективных теплообменников и анализа их работы в нерасчетных режимах. Подтверждением практической значимости диссертации является внедрение результатов исследований при разработке выпарных аппаратов, и испарителей тепловых насосов и климатической техники на Гомельском химическом заводе и на предприятиях «Веза», РУП «Гомельэнерго».

Экономическая значимость состоит в снижении массогабаритных и как следствие при массовом производстве стоимостных характеристик испарителей и тепловых труб при использовании рекомендованных поверхностей теплообмена, размеры которых для заданного теплового потока определяются на основе полученных соотношений для коэффициентов теплоотдачи при пузырьковом кипении.

Социальная значимость заключается в использовании результатов исследования при проектировании эффективных испарителей тепловых насосов, которые в перспективе должны получить распространение в Республике Беларусь для использования в системах отопления и горячего водоснабжения. Они должны замещать традиционные источники энергии на органическом топливе и тем самым уменьшить отрицательную нагрузку на окружающую среду путем снижения выбросов парниковых газов.

Результаты исследования в виде зависимостей для определения коэффициентов теплоотдачи при пузырьковом кипении на ребристых и капиллярно-пористых поверхностях необходимы для разработки эффективных испарителей с минимизацией массогабаритных характеристик и с учетом накладываемых ограничений в соответствии с задачами проектирования отдельных устройств или технологической системы в целом и могут быть использованы в проектных организациях, разрабатывающих холодильные машины и тепловые насосы, технологическое оборудование химической промышленности.

Соответствие научной квалификации автора представленной диссертации требованиям, предъявляемым в Республике Беларусь к соискателю ученой степени, на которую он претендует. Научная квалификация автора Овсянника А. В. рассматриваемой диссертации полностью соответствует требованиям, предъявляемым в республике Беларусь к соискателю ученой степени доктора технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника. Основные положения и выводы диссертационного исследования на момент представления диссертации изложены в 96 научных работах соискателя, в

том числе в 3 монографиях, 10 публикациях в изданиях, индексируемых в международных базах данных, в 56 публикациях в рецензируемых изданиях.

По диссертации имеются замечания:

1. В ряде случаев по тексту используется устаревшая терминология. Например, вместо рекомендуемых терминов термопреобразователь, хладагент соответственно используются – термопара (стр. 79), фреон (стр. 2, 12, 80 и др).

2. Не приводится диапазон применимости рекомендуемых уравнений подобия для расчета КТО при парообразовании на гладких, ребристых и капиллярно-пористых поверхностях, представленных в разделе 3. Аналогично в разделе 4 не показан диапазон применимости зависимостей для расчета коэффициентов теплоотдачи на ребрах.

3. В разделах 4 и 5 при математическом описании процесса пузырькового кипения многократно используется параметр ϕ . Однако в тексте и списке обозначений пояснение о его сущности отсутствует. Вероятно, он тождественен параметру паросодержание ϕ списка обозначений. В тоже время не дается пояснение, какое паросодержание используется и каким образом оно определяется. Например, при расчете коэффициентов теплоотдачи при кипении на неизотермической оребренной поверхности в подразделе 5.5.

4. В подразделе 6.1 говорится о снижении тепловой нагрузки (теплового потока) испарителя при переходе от гладкой поверхности теплообмена к ребристой, а соответственно уменьшению потребления энергии в единицах условного топлива. Непонятно, вследствие чего должна изменяться тепловая нагрузка (тепловой поток) испарителя, при переходе от гладкой поверхности теплообмена к ребристой. Он входит в состав теплового насоса с заданной теплопроизводительностью 100 кВт и постоянном среднелогарифмическом температурном напоре, независящем от используемой поверхности теплообмена.

5. Аналогично, в подразделе 6.2 при переходе к ребристой поверхности в выпарном аппарате с тепловым потоком 4934 кВт говорится об уменьшении расхода пара и как следствие потребляемой теплоты, что приводит к снижению энергоресурсов. В тоже время технологическому потребителю по регламенту должен подаваться заданный расход пара.

Замечания не снижают научную и практическую значимость диссертации.

По итогам экспертизы и результатам переаттестации **Овсяннику А. В. может быть присуждена ученая степень доктора технических наук по специальности 01.04.14 – Теплофизика и теоретическая теплотехника за следующие научные результаты:**

– Разработку и развитие комплексного направления по исследованию процессов теплоотдачи при кипении на гладких, капиллярно-пористых и развитых (оребрённых) теплоотдающих поверхностях, в том числе с продольными и круглыми поперечными ребрами различного типа и профиля,

для которых впервые экспериментально исследован теплообмен при кипении легкокипящих жидкостей (ацетон и спирт) и перспективные хладагенты (R134a, R404a, R407c и R410a) с установлением закономерностей изменения локальных и интегральных коэффициентов теплоотдачи от конструктивных параметров теплопередающих поверхностей различного типа, режимных факторов, теплофизических свойств рабочих тел и характеристик процесса кипения.

- Экспериментальные исследования и обобщение опытных данных, позволивших получить необходимые для практического использования при проектировании и анализа работы в нерасчетных режимах уравнения подобия для определения коэффициентов теплоотдачи при кипении на гладких, оребренных и капиллярно-пористых поверхностях.

- Реализацию разработанной физической модель теплопереноса при кипении, для расчетного определения при проектировании аппаратов коэффициентов теплоотдачи, тепловых потоков и температурных напоров, а также их критических значений при первом кризисе кипения, без предварительного проведения экспериментальных исследований.

В целом диссертация А. В. Овсянника является практически важной, решающей актуальную прикладную проблему определения коэффициентов теплоотдачи при пузырьковом кипении для широкого класса веществ и поверхностей теплообмена, она раскрывает возможности комплексного подхода к исследованию, сочетающего эксперимент с расчетной моделью, при интенсификации теплообмена в испарителях для применения в инженерной практике.

Эксперт,
профессор кафедры энергосбережения,
гидравлики и теплотехники
Белорусского государственного
технологического университета
д-р техн. наук



Володин В. И.

*Я, Володин Виктор Иванович,
даю согласие на размещение
моего отзыва эксперта на
диссертацию Овсянника Артёма
Викторовича и теплообмен при
кипении на развитых поверхностях*

Подпись
Молодцова Д.В.
Свидетельствую:
начальник отдела
кадров БГТУ
21.03.2023

*в проинформации «Теплообмен в аппаратах», представленная
на конкурс тезисной статьи фактора тех. наук
по теме на конкурс 01.04.14 - теплофизика и теоретическая
теплотехника на конкурс тезисной статьи Института
тепло- и массообмена имени А.В. Лаврова НАН Беларуси
Созданном Эксперта ознакомлен 22.03.23 ОВМ*