КарасевСергейВладимировичИнтенсификациятеплообменавзонегенерациипаранаосновеоребрениятеплопередающейповерхностирекуператораДискандтехннаукМРГБОД

Текстильный Университет имени А.Н.Косыгина

На правах рукописи

Карасев Сергей Владимирович

Интенсификация теплообмена в зоне генерации пара на основе оребрения  
теплопередающей поверхности рекуператора.

Специальность: 05.14.04 Промышленная теплоэнергетика

Диссертация на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель д.т.н. профессор Корнеев С.Д.

Москва 2005

**СОДЕРЖАНИЕ**

Содержание 2

Условные обозначения 3

[Введение 6](#bookmark16)

Глава 1 Анализ методов интенсификации теплообмена при

кипении жидкости 10

Глава 2 Теоретическая модель кипения жидкости на оребренной

поверхности теплообмена 41

[Глава 3 Экспериментальная установка и методы исследования 76](#bookmark68)

[§ 3.1 Экспериментальная установка и ее основные элементы 77](#bookmark69)

[§ 3.2 Тарировочные *опыты* 87](#bookmark86)

§ 3.3 Методика исследования кипения жидкости в щелевых

каналах,образованных ребрами 94

§ 3.4 Анализ погрешностей измерений и обработки экспери­ментальных данных 96

Глава 4 Анализ Экспериментальных и теоретических данных 98

§ 4. Результаты исследования процесса теплообмена при кипении жидкости в тупиковых каналах,

образованных ребрами 98

§ 4.2 Сопоставление результатов экспериментального исследования кипения жидкости в тупиковых щелевых

каналах с теоретическими данными 101

§ 4.3 Сопоставление опытных данных по исследованию кипения жидкости настоящей работы с опытными

данными других авторов 105

§ 4.4 Варианты конструктивного исполнения теплообменных аппаратов с организацией кипения теплоносителя на

оребренной поверхности 107

Выводы 111

Список литературы 112

**з**

**Условные обозначения.**

А| - сомножитель, характеризующий зависимость коэффициента теплоотдачи от давления, м К;



С - константа;

b - величина щелевого зазора, м;

Е - эффективность оребрения;

F - площадь поверхности, м2;

G - массовый расход; кг/м3 g - ускорение свободного падения, м/с ;

Н - высота канала, м; h - текущая высота канала, м;

К, - постоянная;

К| - коэффициент оребрения;

1 - длина канала, м;

М - масса, кг;



N - теплофизический параметр ребра; р - давление, Па;

Q - тепловой поток, Вт; q - плотность теплового потока, Вт/м ; г - теплота парообразования, Дж/(кг К); t - температура, С°;

Т - температура, К0;

X - безразмерная пространственная координата; х, у, z - пространственные координаты, м;

C:\Users\Pavel\AppData\Local\Temp\Rar$DIa0.093\media\image1.png



*а?-Ъ*











**





**



**











■











подв — подводимый;

пр - приведенное значение;

а - индекс, указывающий на принадлежность к процессу теплоотдачи;

*X -* индекс, указывающий на принадлежность к процессу теплопроводности; л - локальный;

- - осреднение по поверхности теплообмена.

**Введение**

В настоящее время в самых различных отраслях промышленности получили широкое применение рекуперативные теплообменные аппараты, в которых происходит кипение одного из теплоносителей. Данная разновидность теплообменников используются в теплотехнологических установках текстильной, пищевой, микробиологической и в других отраслях промышленности. Эффективность передачи теплоты в подобных теплообменных аппаратах в ряде случаев существенно зависит от интенсивности теплоотдачи в зоне кипения теплоносителя. Особо актуальной задача интенсификации теплоотдачи в зоне кипения становится в случае, когда коэффициент теплоотдачи от греющего теплоносителя превышает или соизмерим с коэффициентом теплоотдачи в зоне кипения, а термическое сопротивление теплопередающей стенки сравнительно не велико. Подобная ситуация характерна для теплообменников, в которых греющим теплоносителем является водяной пар, вода и другие вещества, характеризующиеся высокой интенсивностью теплоотдачи. Кроме того, задача интенсификации теплоотдачи в зоне кипения чрезвычайно важно для теплообменных аппаратов, в которых происходит кипение различных хладагентов.

К числу известных методов повышения интенсивности теплоотдачи в зоне кипения следует отнести нанесение на поверхность кипения капиллярно - пористого покрытия. Этот метод применим в тех случаях, когда капиллярная структура покрытия со временем не засоряется продуктами, возникающими за счет разложения в процессе эксплуатации аппарата самой кипящей жидкости или в результате химического взаимодействия между жидкостью и капиллярной структурой. Так же подобное засорение капиллярной структуры,нанесенной на греющую стенку может возникать за счет отложения твердых включений, поступающих в рекуператор с потоком кипящей жидкости. Если учесть эти обстоятельства,

то использование капиллярно - пористого покрытия поверхности кипения в большом ряде технических задач практически не применимо.

Другим перспективным методом интенсификации теплоотдачи при кипении нагреваемого теплоносителя является организация процесса кипения в узких каналах с величиной щелевого зазора, соизмеримой с капиллярной постоянной кипящей жидкости. Данный метод

интенсификации теплоотдачи при кипении позволяет получить примерно такой же выигрыш в части повышения коэффициента теплоотдачи, что и кипение на капиллярно - пористом покрытии, но менее чувствителен к загрязнениям поверхности теплообмена различными отложениями. Недостатком непосредственного использования кипения в капиллярных каналах является снижение плотности теплового потока, при которой наступает кризис теплообмена. Это ограничивает диапазон тепловых нагрузок, при которых возможно использование капиллярных щелевых каналов в зоне кипения.

Представляет особый интерес вариант интенсификации теплоотдачи в зоне кипения теплоносителя путем оребрения поверхности теплообмена. Причем, если величина щелевого зазора между ребрами не будет превышать капиллярной постоянной кипящей жидкости, то это позволит получить преимущества, характерные для кипения в капиллярных каналах традиционной геометрии. Наряду с этим, следует ожидать увеличения диапазона режимных параметров работы рекуператора, снабженного подобным оребрением в зоне кипения в сторону больших тепловых нагрузок, так как плотность теплового потока от поверхности ребра к кипящей жидкости будет существенно меньше плотности теплового потока, подводимого к основанию ребер.

Целью настоящей работы является:

• Теоретическое и экспериментальное исследование

теплообмена в зоне генерации пара рекуперативного теплообменника с оребрением теплопередающей поверхности для

обоснованного выбора конструктивных и геометрических параметров оребренной поверхности при проектировании теплообменных аппаратов.

Основными задачами работы являются:

* Разработка соотношений для расчета теплоотдачи при кипении жидкости в капиллярных каналах на оребренной поверхности теплообмена.
* Экспериментальное исследование теплообмена при кипении на оребренной теплопередающей поверхности и его сопоставление с результатами теоретического анализа.

Научная новизна работы заключается в следующем:

* Разработаны расчетные соотношения для определения коэффициента теплоотдачи при кипении на оребренной поверхности с величиной зазора между ребрами не превышающей капиллярной постоянной кипящей жидкости.
* Получены опытные данные по интенсивности теплоотдачи при кипении на оребренных поверхностях различной геометрии.
* Выполнен сравнительный анализ результатов эксперимента с теоретическими данными, выявивший их удовлетворительное согласование и показавший применимость разработанных расчетных соотношений при конструировании рекуператоров с оребрением в зоне кипения теплоносителя.
* Показано, что оребрение поверхности кипения позволяет расширить диапазон применения капиллярных щелевых каналов в сторону увеличения тепловых нагрузок.

Практическая значимость и реализация результатов работы:

Результаты работы позволяют обоснованно выбрать геометрические параметры оребренной поверхности теплообмена рекуперативного аппарата в зоне кипения теплоносителя. Полученные расчетные уравнения позволяют определить значения коэффициента теплоотдачи при кипении на оребренной поверхности при различных значениях высоты и толщины ребер, величины щелевых зазоров между ними, а так же от теплофизических свойств кипящей жидкости при различных значениях плотности теплового потока, подводимого к греющей стенке.

Результаты работы будут использованы в учебном процессе по курсу «тепло - массообменные процессы и установки». Экспериментальную установку предполагается использовать при проведении научно -

исследовательских работ студентов.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием современных методов исследования, тщательным анализом возможных погрешностей измерений, сопоставлением результатов экспериментов с опытными данными других авторов и согласованием полученных экспериментальных данных с

результатами теоретического исследования.

Апробация работы: Основные результаты и положения работы докладывались на:

* Всероссийской научно - технической конференции

«Современные технологии и оборудование текстильной промышленности» Текстиль 2003

* Всероссийской конференции «Современные технологии и

оборудование текстильной промышленности Текстиль 2004». Москва 2004.

Публикации: по теме диссертации опубликованы 6 работ в научных изданиях.

Структура и объем работы: Диссертация состоит из введения, четырех глав, общих выводов и списка литературы из 75 наименований. *Основное* содержание работы изложено на 119 страницах содержит 39 рисунков и 6 таблиц.

В процессе работы аппарата [34] происходит интенсивное тепловыделение от культуральной жидкости, сопровождающееся ее постоянным перемешиванием. Отвод теплоты осуществляется через поверхность оребренных цилиндрических обечаек 10, 11 к кипящему в образованных ребрами каналах 12 промежуточному теплоносителю. Отвод теплоты от образовавшегося пара происходит в размещенном вне емкости коллекторе - конденсаторе 8. Образовавшийся конденсат под действием силы тяжести поступает обратно в каналы 12. Реализация процессов кипения и конденсации в замкнутом контуре термосифона и циркуляция культуральной жидкости вдоль его стенок повышает точность термостабилизации процесса выращивания микроорганизмов, что положительно сказывается на производительности процесса и качестве продукции.

В реконструированном аппарате применено оребрение поверхности теплообмена (вид С). Основные геометрические размеры которой указаны на рисунке 4.7. Создание такого теплообменного аппарата с использованием оребренной поверхности теплообмена позволит повысить интенсивность теплообмена и расширить диапазон передаваемых тепловых нагрузок в сторону их увеличения.

На основе физической модели процесса кипения в капиллярных щелевых каналах получены уравнения для расчета коэффициента теплоотдачи при кипении жидкости на оребренной поверхности теплообмена с величиной зазора между ребрами, не превышающей капиллярной постоянной кипящей жидкости.

Выполнено экспериментальное исследование теплообмена при кипении воды на оребренных поверхностях различной геометрии.

Исследовано влияние геометрических параметров оребрения на интенсивность теплоотдачи при кипении жидкости в межреберном пространстве.

Установлено, что организация кипения на оребренной поверхности позволяет повысить интенсивность теплоотдачи при кипении жидкости в 3-6 раз по сравнению с кипением жидкости в «большом объеме».

Выявлено, что использование оребрения поверхности кипения позволяет расширить диапазон возможного применения капиллярных каналов в область больших значений плотности теплового потока.

Сопоставление экспериментальных и расчетных данных подтвердило справедливость основных положений,заложенных в модель процесса.