



УКРАЇНА

(19) UA (11) 29754 (13) A

(51) 6 F28C1/08

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ
ВЛАСНОСТІОПИС
ДО ДЕКЛАРАЦІЙНОГО ПАТЕНТУ
НА ВИНАХІДвидається під
відповідальність
власника
патенту

(54) СПОСІБ РОБОТИ КОНДЕНСАТОРА

(21) 97052176

(22) 12.05.1997

(24) 15.11.2000

(33) UA

(46) 15.11.2000, Бюл. № 6, 2000 р.

(72) Воронцов Євген Григорович, Бойко Сергій Михайлович

(73) НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
УКРАЇНИ "КІЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІН-
СТИТУТ"

(57) Способ работы конденсатора путем подачи теплоносителя к вертикальной трубчатой поверхности теплообмена, измерения амплитуды и час-

тоты свободных колебаний волновой поверхности пленки и последующего создания вынужденных колебаний поверхности теплообмена в соответствии с измеренными параметрами, колебания поверхности осуществляются путем подачи внутрь трубы пульсирующего потока трубной среды, отличающийся тем, что в качестве теплоносителя используют парообразное вещество, измеряют частоту и амплитуду колебаний пленки полученного конденсата, величину пульсирующего потока выбирают из условий разрушения пленки конденсата.

Изобретение относится к теплообменным аппаратам с вертикальной поверхностью теплообмена из эластичного материала и может быть использовано в химической, нефтехимической, целлюлозно-бумажной, химико-фармацевтической, пищевой и других отраслях промышленности при проведении процессов конденсации парообразных сред.

К наиболее близким к предлагаемому способу является способ работы теплообменника (А. с. № 1728619, F28C13/10, ВИ № 15, 1992 - прототип), по которому теплоноситель подается к вертикальной трубчатой поверхности теплообмена с организацией пленочного его течения, и измерения амплитуды и частоты свободных колебаний волновой поверхности пленки и последующего создания вынужденных колебаний поверхности теплообмена в соответствии с измеренными параметрами, колебания поверхности осуществляют путем подачи внутрь трубы пульсирующего потока трубной среды.

Недостатком указанного способа является то, что образование устойчивого пленочного течения приводит к более низкому коэффициенту теплоотдачи, чем при капельной конденсации веществ.

В основу изобретения поставлена задача усовершенствования способа работы конденсатора, в котором происходит разрушение гравитационно стекающей пленки конденсата на эластичной колеблющейся трубчатой поверхности теплообмена, за счет пульсации трубной среды.

Поставленная задача решается так, что путем подачи теплоносителя к вертикальной трубчатой

поверхности теплообмена, измерения амплитуды и частоты свободных колебаний волновой поверхности пленки и последующего создания вынужденных колебаний поверхности теплообмена, в соответствии с измеренными параметрами, колебания поверхности осуществляются путем подачи внутрь трубы пульсирующего потока трубной среды, в качестве теплоносителя используют парообразное вещество, измеряют частоту и амплитуду колебаний пленки полученного конденсата; величину пульсирующего потока выбирают из условий разрушения пленки конденсата.

Поток трубной среды определенной величины разрушает пленку конденсата и обеспечивает условия капельной конденсации парообразного теплоносителя. При этом увеличивается коэффициент теплоотдачи от конденсата к поверхности стенки трубы, в сравнении с коэффициентом теплоотдачи при пленочной конденсации теплоносителя, то есть повышается интенсивность теплообмена.

Колебания эластичного материала поверхности приводят также к очистке поверхности от возможных загрязнений из-за частичного отложения солей и других продуктов.

На чертеже (фиг.) изображена схема реализации предлагаемого способа работы конденсатора.

Способ работы конденсатора осуществляют следующим образом: подают парообразный теплоноситель, который конденсируется на поверхности теплообмена 1, выполненной из эластичного материала. В самой нижней точке поверхности теплообмена 1 измеряют амплитудно-частотные

(19) UA (11) 29754 (13) A

характеристики гравитационно стекающей пленки конденсата 2 и рассчитывают их средние значения,

Для измерения локальных амплитудно-частотных характеристик пленки жидкости, текущей по неметаллической, неэлектропроводной эластичной поверхности после доработки используют методы электросопротивления и электроконтактный (Воронцов Е.Г., Ракицкий В.Л. Техника, методика и основные результаты экспериментальных исследований волнового течения орошающих пленок // Киев, политех. ин-т. - Киев, 1983. - 79 с. - (Деп. в УкрНИИТИ 3.10.1988 № 2522 Ук-88).

Измерение амплитуды волн производят электроконтактным методом. На поверхности теплообмена 1, в самой нижней ее точке закрепляют контакт 7. Он должен быть достаточно малым и не вносить локальных возмущений в жидкостный поток конденсата 2. С этой целью используют алюминевую или медную фольгу толщиной 5 мкм, которую приклеивают к поверхности 1. Токосъемник от контакта отводят с противоположной стороны трубчатой поверхности. Это позволяет не вносить локальное возмущение в пленочный поток.

Напротив контакта 7 устанавливают датчик 6, изготовленный на базе промышленного микрометра 75-10. В центре подвижного стержня микрометра укрепляют тонкую нихромовую проволоку диаметром 0,1 мм, изолированную от корпуса датчика. Второй конец проволоки соединяют с измерительной цепью.

С помощью генератора сигналов 3 подают напряжение в пределах 1-20 В и с частотой от 10 Гц до 200 кГц в цепь питания датчика 6, состоящую из теплообменной поверхности 1 с закрепленным на ней датчиком 7, жидкостной пленки конденсата 2 и датчика 6.

При соприкосновении иглы датчика с наружной поверхностью пленки конденсата цепь замыкается. Выходной сигнал датчика усиливают усилителем низкой частоты УНЧ-10 (поз. 4) и поступает на вход осциллографа 5. Для измерения амплитуды волн применялся электронный осциллограф 30-6М.

Амплитуды максимальной (по гребню) $\delta_{гр}$ и минимальной (по впадине) $\delta_{ос}$ толщины пленки измеряют по фотографиям, снятым с экрана осциллографа. Так как амплитуда волн A характеризуется непосредственно величинами $\delta_{гр}$ и $\delta_{ос}$, она может быть найдена из выражения

$$A = \delta_{гр} - \delta_{ос}.$$

Для измерения несущей частоты волн используют метод электросопротивления (локальной электропроводности). Он заключается в измерении мгновенных значений силы тока, проходящего через тонкий жидкостный слой между электродами, заделанными в непосредственной близости друг от друга на поверхности теплообмена. Сила тока в цепи зависит от толщины жидкостного слоя над электродами.

Измерительная цепь питается от батарей постоянного тока 10 с напряжением 4,5 В. Рабочее напряжение на точечных электродах 8 (выполненных аналогично контакту 7) 1,4...1,6 В должно быть меньше напряжения разложения, которое за-

висит от материала электродов 8 и регулируется потенциометром 11. Для усиления силы тока, подаваемого для записи на шлейфы осциллографа 13, служит усилитель постоянного тока 11, питаемый универсальным источником питания 12. Для питания осциллографа постоянным током служит выпрямитель 14. Зависимость параметров пленки от отклонения луча на осциллограмме устанавливается предварительной тарировкой с помощью датчика 6.

По осциллограмме подсчитываем частоту импульсов f_b

$$f_b = \frac{n}{l} x_n, \text{ с},$$

где:

n - количество импульсов на данном участке за секунду;

x_n - скорость ленты (развертки), мм/с;

l - длина участка ленты, на котором производилась запись.

После проведения достаточного количества экспериментов N рассчитывают среднее значение частоты по формуле

$$f_b = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N f_{bi},$$

где:

f_b - среднее значение частоты волн;

N - количество проводимых экспериментов;

f_{bi} - ряд наблюдений частоты волн.

Дальнейшая обработка полученных данных производится по методике, предложенной в статье (Ракицкий В.Л., Воронцов Е.Г. Применение теории случайных функций для выявления скрытых периодичностей при изучении волнового течения жидкостных пленок // Киев, политех. ин-т. - Киев, 1989. - 53 с. / Деп. в УкрНИИТИ 16.06.1989 № 1765 Ук-89).

Вынужденные колебания поверхности теплообмена 1 осуществляют путем подачи внутрь трубы пульсирующего потока трубной среды. Величину пульсирующего потока выбирают в соответствии с измеренными амплитудно-частотными характеристиками из условий разрушения пленки конденсата 2.

Предлагаемый способ был апробирован с получением положительного результата на кафедре машин и аппаратов химических производств НТУУ (КПИ) при конденсации водяного пара и исследований влияния воздействия возвратно-поступательных колебаний трубчатой эластичной поверхности теплообмена на коэффициент теплоотдачи.

Эксперименты проводились на установке, схема которой приведена на чертеже (фиг.). В качестве теплообменной поверхности использовались тонкостенные полимерные трубки диаметром 30 мм, высотой $H=0,3-1$ м с толщиной стенки 100-150 мкм из полиэтилена, полипропилена, поликарбоната.

На поверхности теплообмена происходила конденсация парообразного теплоносителя (водяного пара). Конденсат в виде гравитационной волновой пленки стекал по вертикальной неподвижной полимерной трубе. Внутрь полимерного рукава снизу вверх подавался поток трубной среды с

постоянным расходом. При установившемся течении измерялись амплитуда и частота колебаний волновой поверхности пленки конденсата в самой нижней точке теплообменной трубы.

Максимальное значение амплитуды волн пленки конденсата, стекающей по неподвижной поверхности теплообмена $A=0,8...1,0$ мм, при этом частота волн составляла $f=18...20$ Гц.

Затем на пленку конденсата воздействовали колебаниями, направленными по нормали к теплообменной поверхности. Генерация колебаний производилась двумя способами: в первом случае, трубная среда подавалась сильфонным дозатором с частотой $10...30$ Гц. Амплитуда колебаний поверхности теплообмена изменялась в зависимости от хода сильфона (расхода жидкости за один рабочий ход).

Во втором случае колебания поверхности полимерного рукава производились при постоянном расходе теплоагента за счет вибрации в потоке жидкости специальных элементов.

Значительное увеличение значений коэффициентов теплоотдачи наблюдалось с достижением максимальных величин амплитудно-частотных характеристик колебаний пленки, т. е. при возникновении резонанса в пленке жидкости. В свою очередь, резонанс в пленке жидкости возникает при возвратно-поступательных колебаниях поверхности теплообмена с частотой $f_0=20$ Гц и амплитудой $A_0=1$ мм. Наблюдается также независимость колебаний волновой поверхности пленки от взаимодействия с газовой фазой и другими случайными воздействиями.

Максимальные значения коэффициентов теплоотдачи были достигнуты при разрушении пленки конденсата и достижении явления капельной конденсации.

В зависимости от значений частоты и амплитуды колебаний волновой поверхности выделено три случая разрушения пленки конденсата:

- 1) $A > A_0$ и $f = f_0$ (разрушение пленки при частоте резонанса за счет большой амплитуды колебаний);
- 2) $A < A_0$ и $f > f_0$ (разрушение (дробление) пленки высокой частотой колебаний при малых амплитудах);
- 3) $A > A_0$ и $f < f_0$ (разрушение пленки из-за отрыва ее от поверхности теплообмена за счет больших амплитуд).

Конденсация смеси паров может сопровождаться частичной кристаллизацией некоторых элементов и другими побочными процессами, которые приводят к незначительному загрязнению поверхности теплообмена. При генерации колебаний эластичной теплообменной поверхности про-

исходит ее очистка от загрязнений с существенным увеличением коэффициента теплоотдачи.

Ниже, для сравнения, приведены некоторые численные значения коэффициентов теплоотдачи при капельной конденсации α_k и пленочной конденсации пара $\alpha_{пл}$ в зависимости от разности температуры насыщения пара и температуры стенки - Δt (табл. 1), и в зависимости от высоты трубы - H (табл. 2).

Таблица 1

Таблица коэффициентов теплоотдачи в зависимости от полезной разности температур

Δt	$\alpha_k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_{пл}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$K = \alpha_k / \alpha_{пл}$
4	75020	3130	23,9
6	60010	3950	15,2
8	48030	4880	9,8
10	38380	6160	6,2

Таблица 2

Таблица коэффициентов теплоотдачи в зависимости от высоты трубы

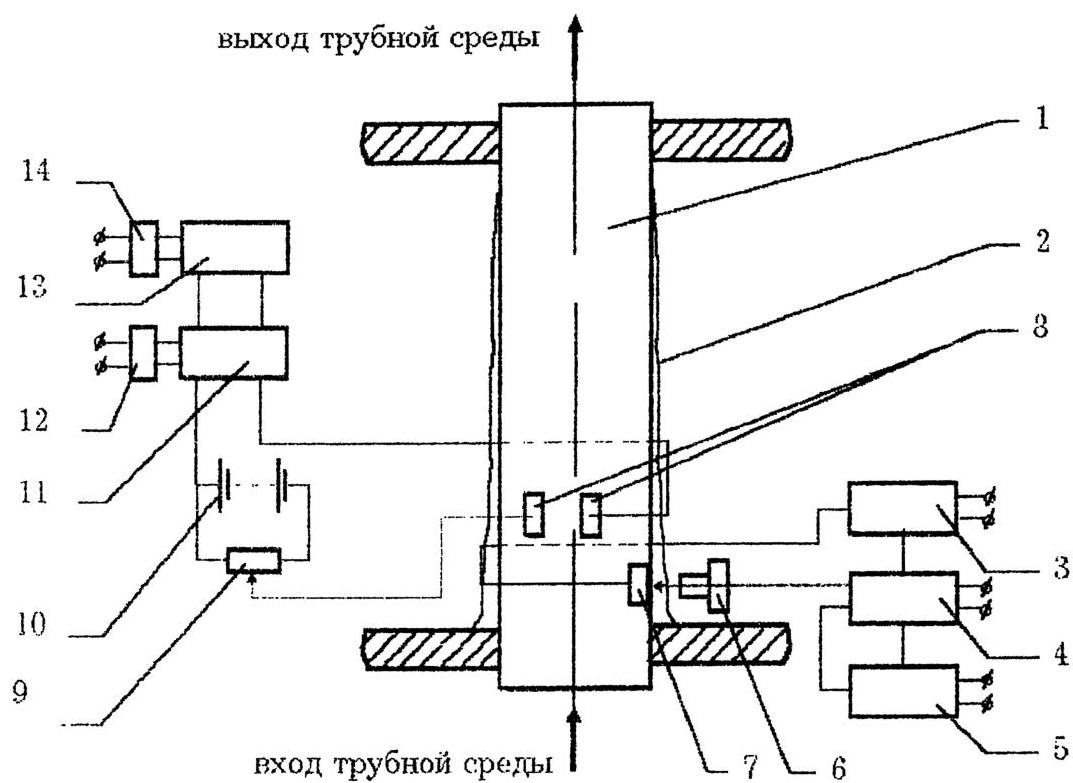
$H, \text{мм}$	$\alpha_k, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$\alpha_{пл}, \text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$	$K = \alpha_k / \alpha_{пл}$
300	94550	8840	10,7
500	87800	7440	11,8
700	80590	5580	14,4
1000	75010	3140	23,9

При увеличении полезной разницы температур происходит интенсификация процесса. Конденсация больших масс пара приводит к образованию пленки и снижению значения коэффициента теплоотдачи капельной конденсации (табл. 1).

С увеличением высоты трубы образуется большее число капель и ручейков. Вследствие меньшей поверхности контакта пара с холодной стенкой и термического сопротивления ручейков происходит уменьшение значения коэффициента теплоотдачи капельной конденсации (табл. 2).

Но, в любом случае, теплоотдача при капельной конденсации пара в 6-23 раза интенсивнее, чем при пленочной конденсации, что показывает коэффициент их отношения K .

На основании теоретических и опытных обоснований предлагаемого способа работы конденсатора можно сделать следующие выводы: происходит значительное увеличение (в 6-23 раза) коэффициента теплоотдачи при капельной конденсации в сравнении с пленочной конденсацией; происходит очистка поверхности теплообмена от загрязнений.



Фиг.

ДП "Український інститут промислової власності" (Укрпатент)
Україна, 01133, Київ-133, бульв. Лесі Українки, 26
(044) 295-81-42, 295-61-97

Підписано до друку _____ 2002 р. Формат 60x84 1/8.
Обсяг _____ обл.-вид. арк. Тираж 35 прим. Зам. _____

УкрІНТЕІ, 03680, Київ-39 МСП, вул. Горького, 180.
(044) 268-25-22