

Інтенсифікація теплообміну при конденсації хладонів та їх сумішей всередині труб і каналів, включаючи міні- та мікроканали

Интенсификация теплообмена при конденсации хладонов и их смесей внутри труб и каналов, включая мини- и микроканалы.

Intensification of heat exchange during chladones condensation and their composites inwardly pipes and channels including mini- and microchannels

1. Номер державної реєстрації теми - 0108U000517.

2. Науковий керівник - д.т.н, проф. Риферт В. Г., Риферт В. Г., Vladimir Rifert

3. Суть розробки, основні результати.

(укр.)

Проведено експериментальне дослідження теплообміну при конденсації води, хладону R-141b і сумішей хладонів R-22 і R-407C в горизонтальній трубі з пасивними інтенсифікаторами теплообміну – дротяними кільцями і дротяною подовжньою рамкою при кільцевому, розшарованому і асиметричному перебігу фаз. Заміряно поле температур у вертикальному перетині товстостінної тестової ділянки, що проходить через кільцеві інтенсифікатори.

На основі виміру локальних (по периметру труби) коефіцієнтів тепловіддачі усередині гладкої труби і труби з інтенсифікованою поверхнею отримано більш зрозуміле і точніше уявлення про характер гідродинаміки і теплообміну при різних режимах (кільцевому, стратифікованому, хвилевому) перебігу фаз. Виявлено зони режимних параметрів – паровмісту, масової швидкості, щільності теплового потоку – в яких істотний вплив на перебіг плівки конденсату і теплообмін має поперечний потік маси і винос рідини з парою. Аналіз наукових публікацій за останні десять років показав значні розбіжності у виводах по теоретичних і експериментальних дослідженнях. В результаті проведеної роботи запропоновано точнішу кореляція для розрахунку коефіцієнтів тепловіддачі при конденсації в гладкій горизонтальній трубі.

Розроблено нову оригінальну конструкцію робочої товстостінної ділянки з високотеплопровідного матеріалу, яка забезпечила підвищення точності закладки термоелектричних датчиків температури в задалегідь визначені точки в об'ємі товстостінної ділянки, що дозволило підвищити точність виміру поля температур і теплових характеристик процесу конденсації і, як наслідок, коректніше визначати локальні коефіцієнти тепловіддачі.

На базі заміряного поля температур і розрахованих локальних коефіцієнтів тепловіддачі при конденсації хладону визначено вплив кроку розташування дротяних витків на інтенсивність процесу тепловіддачі. Проведено експериментальне дослідження локального теплообміну при конденсації води в горизонтальній трубі з пристроями для закручування парорідинного потоку у вигляді шнекових завихорювачів з кутом закручування 45° при різних режимах перебігу фаз. Встановлено вплив закручування потоку на локальні і середні коефіцієнти тепловіддачі і на гідравлічний опір. Встановлено, зокрема, що механізм впливу закручування потоку на інтенсивність теплообміну при плівковій конденсації полягає в збільшенні тертя на кордоні розділу фаз і внаслідок цього в зменшенні товщини плівки конденсату.

Розроблено розрахункові залежності для локальної і середньої тепловіддачі при конденсації хладонів в горизонтальній трубі з активними інтенсифікаторами з врахуванням характеру режимів перебігу фаз. Розрахунки показали, що установка місцевих завихорювачів може підняти середній коефіцієнт тепловіддачі на 50-80% в порівнянні з не закрученим потоком.

На основі виміру поля температур в товстостінній дослідній ділянці проведена ідентифікація режимів течії двофазного потоку при конденсації хладону в горизонтальній трубі з активними інтенсифікаторами процесу теплообміну. Визначено критерії, які дозволяють по режимних параметрах процесу прогнозувати режим течії двофазного потоку при конденсації хладонів в горизонтальних трубах і на цій базі обґрунтовано вибирати методики розрахунку

теплопередачі при конденсації хладонів в горизонтальних трубах з активними інтенсифікаторами.

(рос.)

Проведено экспериментальное исследование теплообмена при конденсации воды, хладона R-141b и смесей хладонов R-22 и R-407C в горизонтальной трубе с пассивными интенсификаторами теплообмена – проволочными кольцами и проволочной продольной рамкой при кольцевом, расслоенном и асимметричном течении фаз. Замерено поле температур в вертикальном сечении толстостенного тестового участка, проходящем через кольцевые интенсификаторы.

На основе измерения локальных (по периметру трубы) коэффициентов теплоотдачи внутри гладкой трубы и трубы с интенсифицированной поверхностью получено более понятное и точное представление о характере гидродинамики и теплообмена при разных режимах (кольцевом, стратифицированном, волновом) течения фаз. Выявлены зоны режимных параметров – паросодержание, массовая скорость, плотность теплового потока – в которых существенное влияние на течение пленки конденсата и теплообмен имеет поперечный поток массы и унес жидкости с паром. Анализ научных публикаций за последние десять лет показал значительные расхождения в выводах по теоретическим и экспериментальным исследованиям. В результате проведенной работы предложена более точная корреляция для расчета коэффициентов теплоотдачи при конденсации в гладкой горизонтальной трубе.

Разработана новая оригинальная конструкция рабочего толстостенного участка из высокотеплопроводного материала, который обеспечил повышение точности закладки термоэлектрических датчиков температуры в заранее определенные точки в объеме толстостенного участка, что позволило повысить точность измерения поля температур и тепловых характеристик процесса конденсации и, как следствие, более корректно определять локальные коэффициенты теплоотдачи.

На базе замеренного поля температур и рассчитанных локальных коэффициентов теплоотдачи при конденсации хладона определено влияние шага расположения проволочных витков на интенсивность процесса теплоотдачи. Проведено экспериментальное исследование локального теплообмена при конденсации воды в горизонтальной трубе с устройствами для закрутки парожидкостного потока в виде шнековых завихрителей с углом закрутки 45° при разных режимах течения фаз. Установлено влияние закрутки потока на локальные и средние коэффициенты теплоотдачи и на гидравлическое сопротивление. Установлено, в частности, что механизм влияния закрутки потока на интенсивность теплообмена при пленочной конденсации заключается в увеличении трения на границе раздела фаз и вследствие этого в уменьшении толщины пленки конденсата.

Разработаны расчетные зависимости для локальной и средней теплоотдачи при конденсации хладонов в горизонтальной трубе с активными интенсификаторами с учетом характера режимов течения фаз. Расчеты показали, что установка местных завихрителей может поднять средний коэффициент теплоотдачи на 50-80% по сравнению с незакрученным потоком.

На основе измерения поля температур в толстостенном опытном участке проведена идентификация режимов течения двухфазного потока при конденсации хладона в горизонтальной трубе с активными интенсификаторами процесса теплообмена. Определены критерии, которые позволяют по режимным параметрам процесса прогнозировать режим течения двухфазного потока при конденсации хладонов в горизонтальных трубах и на этой базе обоснованно выбирать методики расчета теплопередачи при конденсации хладонов в горизонтальных трубах с активными интенсификаторами.

(англ.)

Experimental research of heat exchange is conducted during condensation of water, chladone of R-141b and mixtures of chladones of R-22 and R-407C in a horizontal pipe with the passive

intensifiers of heat exchange – wire rings and wire longitudinal scope at the circular, расслоенном and asymmetric flow of phases. The field of temperatures is measured in the vertical section of the thick-walled test area, passing through circular intensifiers.

On the basis of measuring of local (on the perimeter of pipe) coefficients of heat emission into a smooth pipe and pipe with the intensified surface more clear and exact picture is got of character of hydrodynamics and heat exchange at the different modes (ring, stratified, wave) of flow of phases. The areas of regime parameters are exposed is steam-content, mass speed, closeness of thermal stream – in which substantial influence on the flow of tape of runback and heat exchange has a transversal stream of mass and took away liquids with steam. The analysis of scientific publications for the last ten years rotined considerable divergences in conclusions on theoretical and experimental researches. As a result of the conducted work more exact correlation is offered for the calculation of coefficients of heat emission during condensation in a smooth horizontal pipe.

The new original construction of the working thick-walled area is developed from high-heat-conducting material which provided the increase of exactness of book-mark of thermo-electric sensors of temperature in beforehand certain points in the volume of the thick-walled area, that allowed to promote exactness of measuring of the field of temperatures and thermal descriptions of process of condensation and, as a result, more correctly to determine the local coefficients of heat emission.

On the base of the measured field of temperatures and expected local coefficients of heat emission during condensation of chladone influence of step of location of wire coils is certain on intensity of process of heat emission. Experimental research of local heat exchange is conducted during condensation of water in a horizontal pipe with devices for the rollup of vapour-liquid stream as screw chladones with the corner of rollup of 45° at the different modes of flow of phases. Influence of rollup of stream is set on the local and middle coefficients of heat emission and on hydraulic resistance. It is set, in particular, that the mechanism of influence of rollup of stream on intensity of heat exchange during pellicle condensation consists in the increase of friction on the border of section of phases and hereupon in diminishing of thickness of tape of runback.

Calculation dependences are developed for local and middle heat emission during condensation of chladones in a horizontal pipe with active intensifiers taking into account character of the modes of flow of phases. Calculations rotined that setting of local swirlers can heave up the mid-coefficient of heat emission on 50-80% as compared to an uninvolute stream.

On the basis of measuring of the field of temperatures in the thick-walled experimental area authentication of the modes of flow of diphasic stream is conducted during condensation of chladone in a horizontal pipe with the active intensifiers of process of heat exchange. Criteria which allow on the regime parameters of process to forecast the mode of flow of diphasic stream during condensation of chladones in horizontal pipes and on this base grounded to choose the methods of calculation of heat transfer during condensation of chladones in horizontal pipes with active intensifiers are certain.

5. Порівняння зі світовими аналогами.

Результати відповідають світовому рівню, а використована методика вимірювання локальних коефіцієнтів тепловіддачі не має аналогів у світовій практиці дослідження процесів конденсації хладонів всередині горизонтальної труби.

6. Економічна привабливість для просування на ринок

Застосування розроблених залежностей для розрахунку теплообміну при конденсації в горизонтальних трубах дозволить більш точно визначати масогабаритні параметри енергетичного обладнання, що дозволить знизити його собівартість за рахунок зменшення запасу теплообмінної поверхні на неточність розрахунків. Суттєвий економічний вигравш прогнозується при застосуванні в енергетичному обладнанні, в якому процес конденсації пари протікає в горизонтальних трубах, спеціальних інтенсифікаторів теплообміну. Розрахунки показують можливе підвищення коефіцієнтів тепловіддачі до 50 % .

7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).

Результати проведеної роботи можуть застосовуватись в наукових, науково-навчальних науково-виробничих і проектних підприємствах та організаціях різних галузей промисловості, зокрема енергетичного (теплові і атомні станції), хімічного, фармацевтичного машинобудування, де гостро стоїть проблема підвищення ефективності обладнання і зниження його металоємності.

8. Стан готовності розробки.

Розробка на даному етапі завершена. Доцільно продовження дослідження.

9. Існуючі результати впровадження.

В навчальний процес: в курсі "Тепло масообмін" (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне). В курсі "Проектування теплоенергетичних установок" (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне). В курсі "Спецпитання гідродинаміки" (НТУУ "КПІ"). В курсі "Проектування теплоенергетичних установок" (НТУУ "КПІ").

У виробництво: ВАТ "Коростенський завод хімічного машинобудування" (м. Коростень). Компанія «Онко Джеренікс» (м. Донецьк) – Парокомпесійний дистилятор для отримання води для ін'єкцій продуктивністю 1,3 м³/год

10. Назва організації, телефон, E-mail

НТУУ"КПІ", теплоенергетичний факультет, кафедра теоретичної і промислової теплотехніки 406-85-28, e-mail: voda@g.com.ua

11. Перелік публікацій за матеріалами досліджень за період виконання розробки

1. Rifert V. G. Analysis of the Effect of Interphase Heat Transfer on the Process of Droplet Condensation. Heat Transfer Research, Begell House, 2008, vol. 33, 6 pp.
2. P. A. Varabash, V. G. Rifert, S. Bobe, N. Goliyad, V. Filonenko. Centrifugal Mass Exchange Apparatus in Air-Conditioning System of Isolated Inhabited Object and its Work Control. U.S. Department of Commerce National Technical Information Service, 2007, Spring.
3. Горин В. В., Радченко Н. И. Теплоутилизирующие контуры с интенсивной конденсацией НТР для газотурбинных установок. Вісник інженерної академії України, - 2008. - № 1. С. 233-237.
4. Горин В. В., Радченко Н. И., Сирота А. А. Особенности проектирования охладителей газа с фазовым переходом холодильного агента. Промышленная теплотехника, том 30. – 2008. - № 4 (51). – С. 64-71.
5. Барабаша П. О. Дейнеко А.И Теплообмін при конденсації R22, R406A, R407C та R718 в горизонтальних трубах. Наукові праці ОНАХТ. Серія технічні науки. – 2008. – випуск 32(35). – С.325-328.
6. Барабаша П. О., Дейнеко А.И., Гончаренко А.А., Голяд М.Н., Горін В.В. Метод товстостінної труби при дослідженні конденсації в трубах/ Вісник інженерної академії наук. – 2008. –№1. – С.97-101.
7. Rifert V. G., Sardak A. I. Intensification of heat transfer during condensation by swirling the vapor flow. pp/ 71 – 75. Научная электронная библиотека LIBRARI. RU. 20.09.2009.
8. Rifert V. G., Golubev A. B. Vapor condensation on horizontal wide-profiled tubes. Kruwet Academic Publishers, Научная электронная библиотека LIBRARI. RU. 20.09.2009.

9. Rifert V. G., Sardak A. I. Intensification of heat transfer during condensation by swirling the vapor flow. Energy Citations Database (ECD) – Document # 6287 USD, pp. 71 – 75, 2008, Feb 07.
10. Rifert V. G., Barabash P. A., Golubev A. B. Untersuchung uber die Filmcondensation von Dampf bei intensivierender Einwirkung der Oberflachen Krafte. Germany, Stuttgart, University Libraty, 25.07.2007.
11. Michael Callahan, Alex M. Lubman, V. G. Rifert, P. Barabash. Cascade Distillation Subsystem Development Testing. Труды Международной конференции по системам жизнеобеспечения SAE 2008-01-2195. San Francisco, Ca, USA, p.15. 2008.
12. Volodimir G. Rifert, Ivan V. Zolotukhin, Vladimir I. Usenko, Petr A. Barabash and Aleksandr P. Strikun, all from Kiev, Ukraine, Alex M. Lubman of Redondo Beach, Calif., and Allen K. MacKnight of Signal Hill, Calif. US Patent 7610768 - Apparatus and methods for water regeneration from waste. November 4, 2009.
13. Барабаша П. О., Гречаний А. В. Інтенсифікація тепловіддачі при конденсації в горизонтальному каналі. VIII міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» м. Київ, НТУУ «КПІ», 19-23 квітня 2010 р., С.194.
14. Серета В. В., Ріферт В. Г. Анализ результатов исследований теплообмена при конденсации хладагентов в горизонтальных трубах. VIII міжнародна науково-практична конференція аспірантів, магістрантів, студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики» м. Київ, НТУУ «КПІ», 19-23 квітня 2010 р., С. 218.