

Функція переносу, отримана на основі рівнянь (2, 3, 4), описує залежності поміж вхідними і вихідними величинами, які будуть допоміжними при проектуванні конструкції зовнішніх стін складських приміщень, а також при проектуванні систем керування температурою в середині теплової комори [9].

Для конструктора складських приміщень харчової промисловості модель, яка використовує електричну аналогію для опису теплових процесів, є найближчою до реальних фізичних умов із всіх способів опису і розрахунку переносу теплоти через зовнішню перегородку складського приміщення харчових продуктів.

Література

1. Janczarek M.M.: Termostabilność chłodni i magazynów produktów spożywczych. III. Ogólnopolska Konf. Nauk.-Techn. „Budowa i Eksploatacja Maszyn Przemysłu Spożywczego. PAN. str. 84-85. Lublin 1984.
2. Janczarek M.M.: Identyfikacja przewietrzanych cieplnych komór technicznych o ścianach jednowarstwowych. Mechanika-Problemy Maszyn i Urządzeń Przemysłu Spożywczego. Seria B nr 10. Politechnika Lubelska. Lublin 1984.
3. Janczarek M.M.: Dynamické vlastnosti tepelně technických prostoru. VIII. Międzynarodowa Konferencja „Heating, Ventilation and Air-Conditioning”. str.51-54. Karlovy Vary (Republika Czeska) 1985.
4. Janczarek M.M.: Methods Concerning Conductive Heat Transfers Through Walls of Thermal Technical Spaces. Międzynarodowa Konferencja „MATAR'92.” str. 166-170. Praha (Republika Czeska) 1992.
5. Janczarek M.M.: Model przewodzenia ciepła przez przegrody zewnętrzne w chłodniach i przechowalniach produktów spożywczych uwzględniający zmiany temperatury atmosferycznej. Sympozjum Naukowe - Problemy Konstrukcji Maszyn Przemysłu Spożywczego. str 65-66. Kazimierz Dolny. 1994.
6. Janczarek M.M.: Algoritm of Project of Internal Walls with Several Layers of Thermal Technical Spaces in Aspect of Control of their Heat Processes. Międzynarodowy Kongres „Machine Tools Automation and Robotics in Mechanical Engineering. str.189-194. Praha (Republika Czeska) 1996.
7. Janczarek M.M.: Model przejścia ciepła przez ścianę komory technicznej. Rynek Energii Nr 3(4). dwumiesięcznik str. 18-20. Kaprint. Lublin 1996.
8. Janczarek M.M.: „Termostabilność pomieszczeń składowych w aspekcie oszczędności wydatków energetycznych”. Rynek Energii nr 1 (38) luty 2002. Kaprint – Lublin 2002.
9. Janczarek M.M.: „Thermostability of thermal technical spaces in aspect of saving energy” – HEAT TRANSFER AND RENEWABLE SOURCES OF ENERGY – Wydawnictwo Uczelniane Politechniki Szczecińskiej. Szczecin 2002.
10. Janczarek M.: „Computer simulation of process of penetration of heat through a structural wall” – MECHANICAL ENGINEERING Nr 8 (62) August 2002 – National Monthly Scientific-Technical and Industrial Journal – Lwow (Ukraine) – 2002.

ВАСИЛЬЕВ Л.Л.¹, ЖУРАВЛЕВ А.С.¹, ОВСЯННИК А.В.², ШАПОВАЛОВ А.В.², ЛИТВИНЕНКО В.В.²

¹ *Институт тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси, Минск*

² *Гомельский государственный технический университет им. П.О. Сухого, Беларусь*

ТЕПЛООБМЕН ПРИ КИПЕНИИ СЖИЖЕННОГО ПРОПАНА НА ПОРИСТЫХ ПОВЕРХНОСТЯХ ИСПАРИТЕЛЕЙ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ

Теплообменные процессы при испарении и кипении широко используются в энергетических установках, холодильной технике, химическом оборудовании, объектах электроники. Одним из способов интенсификации теплоотдачи в испарительных теплообменниках является нанесение на теплоотдающую поверхность капиллярно-пористого покрытия. Для разработки отвечающих современным требованиям энергетических машин и другой

аппаратуры необходимо изучить закономерности процесса при парообразовании на поверхностях с пористым покрытием в различных условиях. Большое значение имеет выбор теплоносителей. Теплофизические характеристики и химические свойства позволяют рассматривать углеводороды, в частности пропан, как перспективные рабочие жидкости.

В лаборатории пористых сред Института тепло- и массообмена им. А.В. Лыкова НАН Беларуси (Минск) проведено экспериментальное исследование теплообмена при кипении пропана на одиночных горизонтальных трубах из меди и нержавеющей стали с капиллярно-пористым покрытием, нанесенным спеканием металлического порошка либо напылением. Эксперименты проводились в широком диапазоне температур насыщения T_n в большом объеме и на частично затопленной трубе при разных уровнях жидкости. Подробное описание стенда и методики исследования приведены в [1, 2].

Полученные результаты (рис. 1) показывают, что в режиме развитого кипения нанесение покрытия напылением позволяет повысить интенсивность теплоотдачи в 3 - 5 раз при $q < 8 \text{ кВт/м}^2$ и в 2.5-3 раза в области $8 < q < 100 \text{ кВт/м}^2$ по сравнению с гладким образцом. При $q > 2 \text{ кВт/м}^2$ теплоотдающая способность таких поверхностей сопоставима и даже превосходит характеристики поверхностей GEWA-T-x (Т-образные микроребра с регулярно расположенными кавернами у основания ребер) [3]. На медных образцах со спеченным покрытием интенсивность теплоотдачи была выше, чем на гладкой трубе, в 8 раз при тепловых нагрузках до 10 кВт/м^2 и в 6 раз при $10 < q < 100 \text{ кВт/м}^2$.

Исследования, проведенные на образцах с разными параметрами спеченного покрытия при одной температуре насыщения (рис. 2), показали, что наибольшие коэффициенты теплоотдачи достигаются при соотношении толщины покрытия δ и диаметра частиц d_c , равном 3 - 5. Этот вывод согласуется с опубликованными данными других авторов, полученными при кипении различных жидкостей на поверхностях с аналогичными пористыми структурами [5, 6].

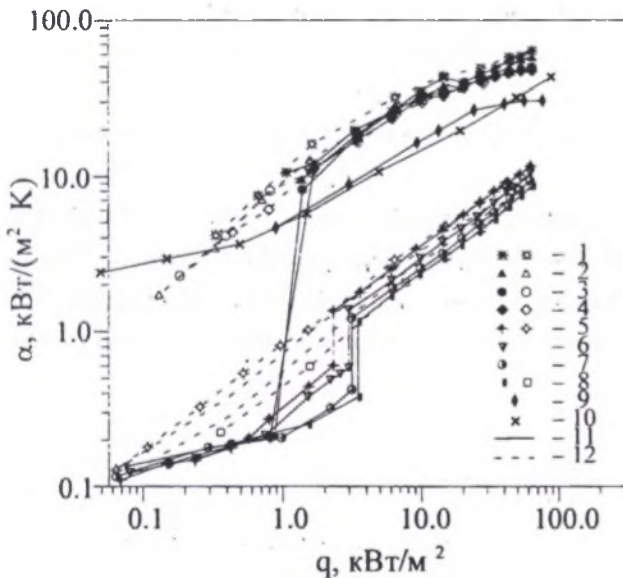


Рис. 1. Интенсивность теплообмена при кипении в большом объеме: 1-4 – медная труба с покрытием из спеченного порошка $d_c = (0.063 - 0.1)$ мм, пористость $\epsilon \sim (50 - 55)\%$, $\delta = 0.3$ мм, 1 – $T_n = 30^\circ\text{C}$, 2 – 20, 3 – 10, 4 – 0; 5-8 – гладкая медная труба, 5 – $T_n = 30^\circ\text{C}$, 6 – 20, 7 – 10, 8 – 0; 9 – труба из нержавеющей стали с напыленным покрытием, $\epsilon \sim (12 - 13)\%$, $\delta = 0.3$ мм; 10 – медная труба с поверхностью GEWA-T-x [3], $T_n = 50^\circ\text{C}$; 11 – при увеличении тепловой нагрузки, 12 – при снижении тепловой нагрузки.

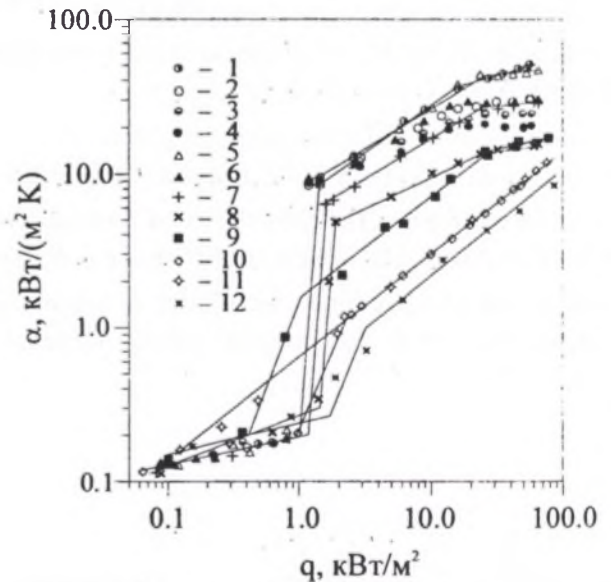


Рис. 2. Интенсивность теплообмена при кипении пропана при $T_n = 20^\circ\text{C}$: 1-8 – медная труба с покрытием из спеченного порошка, $\epsilon \sim (50 - 55)\%$; 1-4 – $d_c = (0.040 - 0.063)$ мм, $\delta = 0.2, 0.3, 0.4, 0.5$ мм; 5, 6 – $d_c = (0.063 - 0.1)$ мм, $\delta = 0.3, 0.4$ мм; 7 – $d_c = (0.100 - 0.160)$ мм, $\delta = 0.4$ мм; 8 – $d_c = (0.160 - 0.200)$ мм, $\delta = 0.5$ мм; 9 – труба из нержавеющей стали с напыленным покрытием, $\epsilon \sim (12 - 13)\%$, $\delta = 0.3$ мм; 10 – медная труба без покрытия; 11 – медная труба без покрытия [4]; 12 – полированная труба из нержавеющей стали

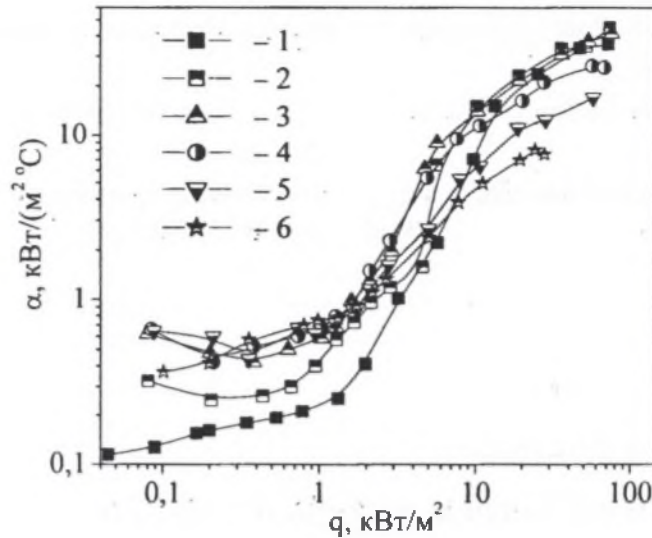


Рис. 3. Коэффициенты теплоотдачи при кипении на частично затопленных образцах, медная труба, $d_н = (0.063 - 0.100)$ мм, $\delta = 0.3$ мм, $\varepsilon \sim (50 - 55)$ %, $T_n = 20$ °C: 1 – $h = 70$, 2 – 1, 3 – -5, 4 – -10, 5 – -15, 6 – -20 мм.

Для определения зависимости характеристик теплообмена от условий подвода жидкости к местам парообразования была выполнены эксперименты на частично затопленной горизонтальной медной трубе с покрытием толщиной 0.3 мм, спеченным из порошка фракции $d_н = (63 - 100)$ мм. Уровень жидкости h измерялся относительно верхней образующей образца. Полученные данные представлены на рис. 3. Видно, что в области невысоких тепловых нагрузок понижение уровня жидкости до определенных пределов способствовало интенсификации теплоотдачи. Можно предположить, что на теплообмен благоприятно влияет отсутствие жидкой пленки в макропорах незатопленного участка. Жидкая фаза к местам фазового перехода подводится с помощью капиллярных сил, парообразование происходит в устьях микропор на выходе в пароотводящие каналы, термическое и гидродинамическое сопротивление слоя жидкости над пористой поверхностью отсутствует. В области тепловых нагрузок $q = (0.1 - 1.5)$ кВт/м² наблюдалось увеличение коэффициентов теплоотдачи в 1.5 раза при уровне жидкости на высоте верхней образующей образца ($h = 0$ мм), в 2.5-3 раза для $h = (-5 \div -20)$ мм. Для уровней $h = 0$ и -5 мм в области развитого кипения коэффициенты α имеют близкие значения. Снижение уровня жидкости до -10 мм отрицательно сказывается на интенсивности теплоотдачи при тепловых нагрузках выше (1.5-2) кВт/м². Это связано с ухудшением условий подвода жидкости к местам парообразования и осушением капилляров.

Изучение закономерностей кипения пропана на поверхностях с пористыми покрытиями наряду с решением экономических проблем (уменьшение массы и габаритов теплообменников) позволяет улучшить экологические характеристики аппаратуры за счет отказа от применения озоноразрушающих фреонов в тепловых насосах, тепловых трубах, холодильниках, другом оборудовании.

Полученные данные нашли применение при создании установки для регазификации сжиженного пропана, в объектах малой энергетики, в частности при разработке испарителя адсорбционного теплового насоса, который предназначен для обогрева помещений с использованием низкопотенциального тепла. Установленные закономерности процесса позволили обеспечить сочетание эффективной работы и компактности устройств.

Литература

1. Vasiliev L.L., Khrolenok V.V., Zhuravlyov A.S. Intensification of heat transfer at propane pool boiling on single horizontal tubes // *Heat Pipes, Heat Pumps, Refrigerators. Proc. of 3rd Int. Seminar*, Minsk, Belarus, 1997, pp. 96-101.
2. Васильев Л.Л., Хроленок В.В., Журавлев А.С. Экспериментальное исследование кипения пропана в большом объеме на горизонтальных трубах / *Кипение и конденсация*, Рига: РТУ, 1997, с. 80-88.
3. Pool boiling heat transfer from plain and finned tubes to propane and propylene / Sokol P., Blein P., Gorenflo D., Rott W., Schömann H. // *Proc. 9th Int. Heat Transfer Conf.*, Jerusalem, Israel, 1990, Vol. 2, pp. 75-78.

4. Gorenflo D., Sokol P., Caplanis S. Pool boiling heat transfer from plain tubes to various hydrocarbons/ *Int. J. Refrigeration*, 1990, Vol. 13, pp. 286-292.

5. Webb R.F.: Nucleate boiling on porous coated surfaces// *Heat Transfer Engineering*, 1983, Vol. 4, Nos. 3-4, p. 71-82.

6. Nishikawa K., Ito T. Augmentation of nucleate boiling heat transfer by prepared surfaces / *Heat Transfer in Energy Problems*. Eds. T.Mizushina and W.J.Yang. Hemisphere, Washington, D.C., 1982, p. 111-118.

ВАСИЛЬЕВ А.И.

Институт технической теплофизики НАН Украины

ГОМОГЕНИЗАТОРЫ РОТОРНЫЕ ТИПА УПВСС

Основой для разработки модифицированных гомогенизаторов типа УПВСС является устройство для производства высоковязких дисперсных систем, защищенное патентом [1].

Аппараты предназначены для интенсивного технологического процесса смешивания, измельчения, диспергирования и гомогенизации многокомпонентных составов и смесей, а также получения высоковязких дисперсных систем.

Конструктивной особенностью гомогенизаторов этого типа является их горизонтальный тип. Областью применения гомогенизаторов УПВСС являются пищевая, молочная, консервная промышленности, где они используются для производства различных пюре, соков, майонезов, икры, детского питания, восстановления молока и производства творога.

Гомогенизатор роторный УПВСС-2. Основание аппарата 1 с откидным упором (рис. 1) выполнено для закрепления двигателя 14 и подпора корпуса 3. Между корпусом и двигателем размещена и соединяет их в единое целое промежуточная вставка 2, во внутренней полости которой размещены подшипниковый узел, часть вала 9 с полым концом для стыковки с валом двигателя, центрирующее кольцо для соосности фланцев вставки и корпуса, а также закрепления в нем неподвижной части торцевого уплотнения. Внешняя поверхность корпуса имеет зону загрузки (патрубок 4), зону выгрузки (патрубок 5) и штуцера для подачи воды на уплотнения. К внутренней поверхности корпуса закрепляются: подшипниковый узел 6, уплотнение 7, статоры 8 зоны гомогенизации. На валу 9 закреплены: секатор 10 в зоне загрузки, измельчители 11 и роторы 12 в зоне гомогенизации, крыльчатка 13 в зоне выгрузки. Ступица крыльчатки полая, что позволяет разместить в ней подвижную часть торцевого уплотнения.

Мойка гомогенизатора – безразборная по пути сырья с рециркуляцией моющего состава, предусмотренного ТУ.

Для сборки и разборки гомогенизатор укомплектован соответствующими приспособлениями.

Гомогенизатор роторный универсальный УПВСС-3. Опорная часть гомогенизатора – тумба 1 (рис. 2) с закрепленной горизонтальной опорой 2 служат для закрепления двигателя 20 в кожухе 21 с одной стороны, а с другой – корпуса 3 с патрубками 4, 4а входа компонентов и патрубками 22, 22а выхода готовой продукции. В опоре размещены муфта вращения 5, подшипниковый узел 6, торцевое уплотнение 7 и половина центрирующего кольца 8.

Корпус представлен двумя модификациями для производства жидкой и пастообразной продукции. В первом случае корпус имеет подшипниковый узел 9, торцевое уплотнение 10, зоны: входа компонентов, измельчения и дробления, гомогенизации, в которой закреплены статоры 11 и патрубок выхода, в зоне которого размещена турбинка 12. При получении концентрированной смеси допускается установка одинарных торцевых уплотнений с последующим выходом воды в продукт). Во втором случае корпус имеет те же подшипниковый узел, торцевое (двойное) уплотнение и зоны: входа компонентов, измельчения и дробления, гомогенизации, в которой закреплен статор, и расширенного патрубка (до половины диаметра корпуса) для выхода пасты.