

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції
**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»**

29-30 вересня 2020 року



Одеса
Видавець Бондаренко М. О.
2020

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

3-41

*Рекомендовано до друку Вченою радою
Одеської національної академії харчових технологій,
протокол № 3 від 6 жовтня 2020 р.*

Відповідальний редактор:

Тітлов О. С., завідувач кафедри нафтогазових технологій, інженерії та теплоенергетики, д-р. техн. наук, професор.

*За достовірність інформації
відповідає автор публікації*

Збірник наукових праць за матеріалами XVIII Всеукраїнської 3-41 науково-технічної онлайн-конференції «Актуальні проблеми енергетики та екології» 29-30 вересня 2020 року / ред. О. С. Тітлов. – Одеса : ФОП Бондаренко М. О., 2020. – 280 с.

ISBN 978-617-7829-81-1

До збірника включені матеріали сучасних наукових досліджень, що представлені вченими України, Білорусії, Молдови, Росії, а також роботи студентів.

Розглянуто наступні напрямки досліджень: тепломасообмін; теплофізичні властивості робочих тіл енергетичного обладнання; нанотехнології в холодильній техніці; екологічні проблеми енергетики; теплові насоси. Системи опалення та кондиціонування; теплообмінні апарати; енергетичні та екологічні проблеми нафтогазової галузі; енергетичні та екологічні проблеми холодильної техніки; енергетичні та екологічні проблеми харчової промисловості; екологічна безпека; екологічні проблеми сучасності; раціональне використання природних ресурсів.

УДК 621.31(075.8)

ББК 31.2я73

ISBN 978-617-7829-81-1

© Одеська національна академія
харчових технологій, 2020

Секція 1:

**«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ
ЕНЕРГЕТИКИ»**

При цьому слід зазначити, що наявність твердої фази ускладнює картину теплообміну. Здійснюючи хаотичний рух в плівці рідини, тверда фаза:

- вносить додаткову турбулізацію потоку плівки рідини;
- потрапляючи в пристінковий прикордонний шар, впливає на процеси утворення, формування і спливання парових бульбашок на поверхні теплообміну;
- змінює час, необхідний для зростання і відриву парових бульбашок;
- руйнує пристінковий прикордонний шар, що позначається на інтенсивності процесу теплообміну в цілому.

Існуючі дослідження в області конструктивного рішення показують перспективність подальших розробок плівкових апаратів, що вимагає подальшого дослідження і пошуку методів, що дозволяють розширити області застосування апаратів даного типу і знизити швидкість інкрустації на поверхні теплообміну.

Інформаційні джерела

1. Исследование процессов кипения растворов в стекающей пленке трубчатых и пластинчатых греющих камер выпарных аппаратов / Фокин В.С., Нечипоренко Д.И., Павлова В.Г., Гладкий В.Н. // Восточно-европейский журнал передовых технологий. – 2006. – № 2 (20). – С.80-82.

2. Данилов Ю.Б. Теоретические и экспериментальные исследования теплопередачи в аппаратах со стекающей пленкой / Ю.Б. Данилов, Л.М. Ульев // Интегровані технології та енергозбереження. – 2012. – № 3. – С. 84-96.

3. РТМ 26-01-71-75. Испарители со стекающей пленкой: Методика теплового и гидромеханического расчета. // Химическое нефтеперерабатывающее машиностроение. – 1975. – № 5. – С. 4-5.

4. Фокин В.С. Влияние твердой фазы на процессы упаривания кристаллизирующихся растворов в аппаратах со стекающей пленкой / В.С. Фокин, В.Г. Павлова // Вестник Национального технического университета «ХПИ»: сб. науч. тр. – 2003. – Вып. 9, Т.2. – С. 180-183.

УДК 62-97

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТИНЫ МИКРОКАНАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С ОТВЕРСТИЯМИ ЖАЛЮЗИЙНОГО ТИПА

Новицкая М.П., к.т.н., с.н.с.

Институт технической теплофизики НАН Украины

Микроканальным теплообменным аппаратам в настоящее время уделяется большое внимание из-за широкой области их применения, это бытовая техника, автомобильные радиаторы, кондиционирование, охлаждение электрических конвертеров и т.д. Кроме того, ввиду большой теплопередающей способности таких поверхностей на единицу массы, актуально их использование в разрабатываемых энергосберегающих устройствах. Улучшение тепловых и гидроаэродинамических показателей таких устройств будет приводить к энерго и материалосбережению.

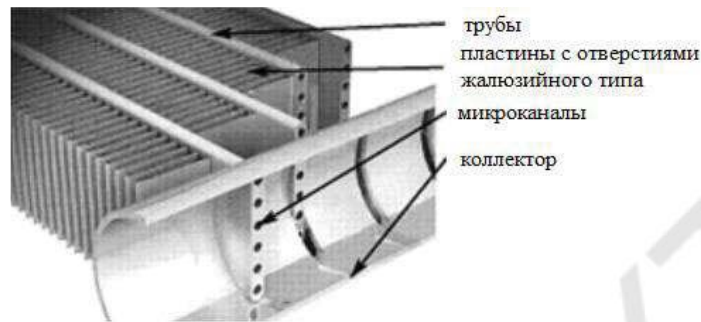


Рис. 1. Схема части теплообменника с микроканалами и пластинами с отверстиями жалюзийного типа

Пример теплообменника приведен на рис.1. Он состоит из большого количества тонких пластин с отверстиями жалюзийного типа расположенных между плоскими трубами с микроканалами. Как известно улучшению теплообмена способствует оребрение поверхности. В данном устройстве эту функцию выполняют пластины с отверстиями жалюзийного типа, которые расположены между плоскими трубками.

В настоящее время в мире большое количество работ посвящено исследованиям поверхности такого типа [1-6]. Цель этих работ разработка новых методов расчета таких пластин, улучшение тепло-гидравлической эффективности теплообменника в целом, и понимания процессов, которые происходят в таких устройствах. В работе [1], например, используя технику нафталиновой сублимации авторы визуализировали течение около жалюзийных отверстий. Целью работы было оценить влияние ограждающих стенок на режим течения и теплообмена массива пластин с отверстиями жалюзийного типа. Стоит отметить, что данные получены при достаточно низких числах Рейнольдса и ламинарном режиме течения. В большинстве же технологий режим течения может быть другим и, следовательно, картина течения может отличаться от представленных данных. В работах [3,4] авторы получили теплогидравлические соотношения для подобного типа поверхности с жалюзийными отверстиями методом численного моделирования. Соотношения выведены для теплообменных аппаратов с длиной пластины от 160-240 мм. В [5] предложена простая теоретическая модель обтекания пластин с отверстиями жалюзийного типа компактных теплообменников в кондиционерах. Целью статьи было определение расположения жалюзи для получения самого высокого коэффициента теплопередачи и наименьшего падения статического давления. Детальные измерения в [6] выполнены с помощью крупномасштабной модели пластин с жалюзийным оребрением. Эксперимент проведен для одной геометрии пластин с жалюзийным оребрением с углом наклона жалюзи 27° и отношением шага жалюзи к углу наклона жалюзи 0,76. В работе [7] проанализировано поведение потока жидкости в щелевом микроканале при условии равномерного распределения продольной скорости на входе в канал.

Основной проблемой при моделировании теплообменников такого типа является сложность геометрии исследуемой поверхности, которая требует большого количества вычислительных ресурсов. В настоящее время в мире существует два подхода к решению данной проблемы: Первый подход, это представление оребренной части теплообменного устройства в виде пористого тела. Это может дать возможность расчета теплообменника в целом с некоторыми ограничениями. Второй подход - разбиение задачи на две части. На первом шаге детально рассчитывается аэродинамика и теплообмен одной или нескольких пластин с отверстиями жалюзийного типа и определяются коэффициенты теплоотдачи. Во второй части задачи рассматривается теплообмен только жидкого теплоносителя с

микроканалами на внешней поверхности которых устанавливаются граничные условия, определенные на первом шаге.

Первый подход частично представлен авторами работы [2]. В работе для пластин с жалюзийными отверстиями с различными вариантами геометрических размеров авторами получены коэффициенты проницаемости как функция от числа Рейнольдса.

В данной работе использовался второй подход. И составлена теплофизическая модель для детального просчета половинки одной пластины отверстиями жалюзийного типа рис.2.

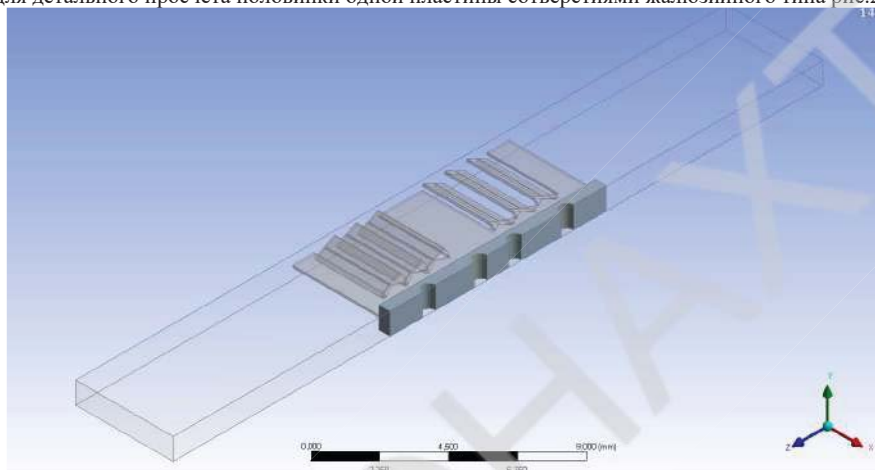


Рис.2. Расчетная область.

На рис. 2 изображена половина одного элемента пластины с отверстиями жалюзийного типа, который расположен между двумя плоскими трубками с микроканалами. Теплоноситель течет в каналах внутри микротрубок, а воздух омывает пластину с оребрением перпендикулярно.

Целью данной работы является проведение численных исследований аэро-, гидродинамики и теплообмена в межреберных плоских трубах и пластинах с жалюзийным оребрением. Расчеты были выполнены на основе системы уравнений сохранения массы, импульса, энергии. Для замыкания системы уравнений использовалась $k-\epsilon$ модель турбулентности, которая описывается при помощи уравнений для кинетической энергии и скорости диссипации. Основные уравнения решались при помощи метода конечных объемов. В большинстве областей сетка состояла из элементов в виде призм. Расчет уравнений Навье-Стокса проводили с первым порядком точности. На верхней и боковой областях принимались условия симметрии. Материал пластины алюминий, в микроканалах течет вода, пластину омывается воздухом. На входе в расчетную область, заданы условия постоянной скорости $v_{вх} = 1$ м/с и температуры воздушного потока $T_{вх} = 25^\circ\text{C}$. На входе в элемент микроканала расход теплоносителя (вода) и его температура $T_{вод} = 10^\circ\text{C}$. Результаты расчета стационарной задачи движения воздуха и теплоносителя в элементе микроканального теплообменника приведены на рис. 3,4,5.

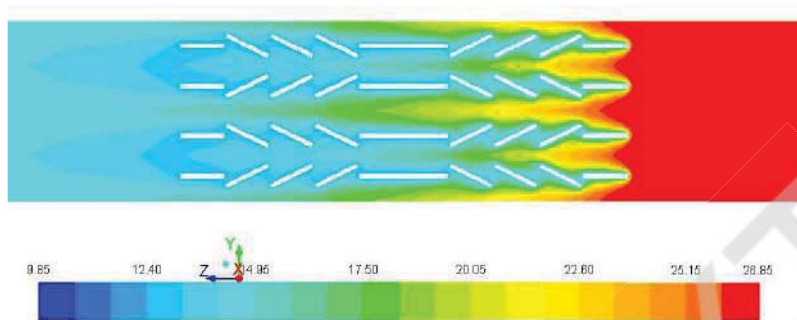


Рис. 3. Поле температур в центральном сечении пластины

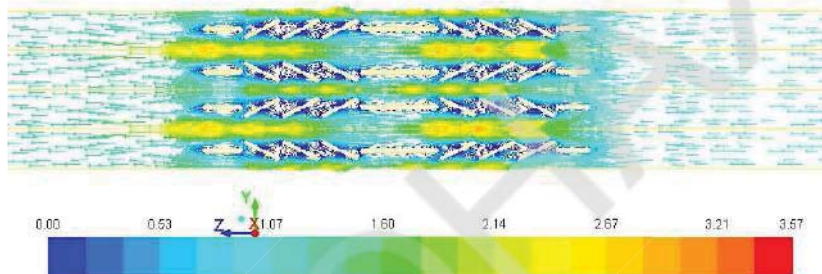


Рис. 4. Поле векторов скорости.

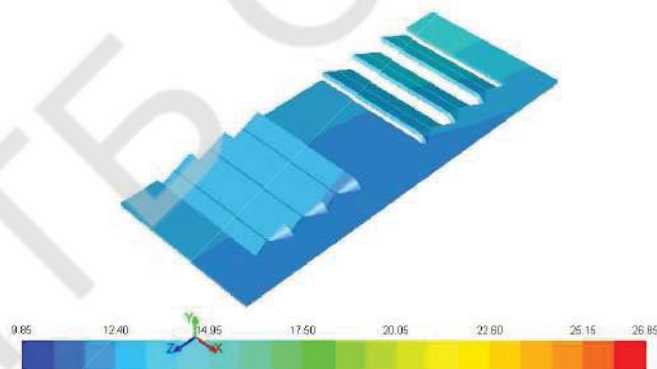


Рис. 5. – Поле температур на поверхности пластины с жалюзийным оребрением.

В результате расчетов было получено, что средний коэффициент теплоотдачи в микроканальных трубках (со стороны жидкости) $\alpha_1=11200 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, $\alpha_2=8600 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, $\alpha_3=8300 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, $\alpha_4=8000 \text{ Вт/м}^2\text{К}$, а на поверхности пластины со стороны воздуха осредненный по поверхности коэффициент теплообмена составляет $\alpha=495 \text{ Вт/м}^2\text{К}$. Большой коэффициент теплоотдачи в первом микроканале по ходу движения воздуха, можно объяснить большей разницей температур между теплоносителями.

Выводы.

1. В последние десятилетия активно проводятся исследования микроканальных теплообменников.
2. На теплофизическую картину течения влияют большое количество параметров такие как температура и скорость воздуха, материал из которого изготовлен теплообменник, температура, расход теплоносителя внутри микроканалов и т.д.
3. Представленная теплофизическая модель позволяет определить коэффициенты теплоотдачи для пластин с отверстиями жалюзийного типа различных геометрических параметров.

Информационные источники

1. N.C. DeJong, A.M. Jacobi. (2003). Flow, heat transfer, and pressure drop in the near –wall region of louver-fin arrays. *Experimental Thermal and Fluid science* 27. 237-250. [https://doi.org/10.1016/S0894-1777\(02\)00224-8](https://doi.org/10.1016/S0894-1777(02)00224-8).
2. Kim, T., Kang, H. & Lee, J. (2016). A porosity model for flow resistance calculation of heat exchanger with louvered fins. *J Mech Sci Technol* 30. 1943 –1948. <https://doi.org/10.1007/s12206-016-0353-9>
3. Deng, Jie. (2017). Improved correlations of the thermal-hydraulic performance of large size multi-louvered fin arrays for condensers of high power electronic component cooling by numerical simulation. *Energy Conversion and Management*. 153. 504–514. <http://doi.org/10.1016/j.enconman.2017.09.066>.
4. Abdulkерim Okbaz, Ali Pınarbaşı, Ali Bahadır Olcay, Muharrem Hilmi Aksoy, An experimental, computational and flow visualization study on the air-side thermal and hydraulic performance of louvered fin and round tube heat exchangers, *International Journal of Heat and Mass Transfer*, Volume 121, 2018, Pages 153-169, ISSN 0017-9310, <https://doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2017.12.127>
5. Takeo TANAKA, Masaaki ITOH, Mitsuo KUDOH, Akira TOMITA, Improvement of Compact Heat Exchangers with Inclined Louvered Fins, *Bulletin of JSME*, 1984, Volume 27, Issue 224, Pages 219-226, Released February 15, 2008, Online ISSN 1881-1426, Print ISSN 0021-3764, <https://doi.org/10.1299/jsme1958.27.219>
6. Marlow E Springer, Karen A Thole, Experimental design for flowfield studies of louvered fins, *Experimental Thermal and Fluid Science*, Volume 18, Issue 3, 1998, Pages 258-269, ISSN 0894-1777, [https://doi.org/10.1016/S0894-1777\(98\)10022-5](https://doi.org/10.1016/S0894-1777(98)10022-5).
7. Е. С. Малкін, А. В. Тимошенко, І. Е. Фуртат, Д. Лунковський. Математичне моделювання ізотермічної течії рідини в щільному мікроканалі, Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. - 2009. - Вип. 13. - С. 39-44.

УДК 621.771.2

ЩОДО СПОСОБІВ ЗМІНИ СТРУКТУРИ КРАПЕЛЬНОГО ПОТОКУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПЛОСКОФАКЕЛЬНИХ СТРУМЕНЕВИХ ФОРСУНОК

Пересьолков О.Р., к.т.н., доцент, Круглякова О.В., к.т.н., доцент
Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків

На металургійних заводах в прокатному виробництві при охолодженні листа й смуги для подачі розпиленої рідини на поверхню охолодження успішно використовуються плоскофакельні струменеві форсунки. Ці форсунки при відповідному їх компонуванні з

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЛАСТИНЫ МИКРОКАНАЛЬНОГО ТЕПЛООБМЕННИКА С ОТВЕРСТИЯМИ ЖАЛЮЗИЙНОГО ТИПА <i>Новицкая М.П.</i>	32
ЩОДО СПОСОБІВ ЗМІНИ СТРУКТУРИ КРАПЕЛЬНОГО ПОТОКУ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ПЛОСКОФАКЕЛЬНИХ СТРУМЕНЕВИХ ФОРСУНОК <i>Пересьолков О.Р., Круглякова О.В.</i>	36
ВПЛИВ ФОРМИ ВОДОВУГІЛЬНОГО ПАЛИВА НА ЧАС ЗАТРИМКИ ЙОГО ЗАПАЛЮВАННЯ <i>Степовик М.С., Буличов В.В., Коломісць О.В.</i>	38
КОЭФИЦИЕНТЫ ВЛАГО- И ТЕПЛОПЕРЕНОСА В ПЛОТНОМ СЛОЕ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ В ПРОЦЕССАХ СУШКИ <i>Альтман Э.И., Георгиеви Е.В.</i>	41
A SOIL REGENERATOR WITH A GRANULAR NOZZLE FOR GREENHOUSES <i>I. Boshkova, I. Mukminov.</i>	44
THE DRYING OF GRAIN MATERIALS USING A MICROWAVE ELECTROMAGNETIC FIELD <i>Volgusheva N.V., Diachenko T.V.</i>	46
A MICROWAVE DEVICE FOR THE TREATMENT OF PLANT MATERIALS <i>Volgusheva N.V., Potapov M.D.</i>	49
STUDYING THE HEAT EXCHANGE OF A DENSE LAYER OF GRANULAR MATERIAL WITH THE AIRFLOW <i>Solodka A.V., Bondarenko O.</i>	51
ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕПЛОВОГО НАСОСУ ТИПУ «ПОВІТРЯ-ПОВІТРЯ» ДЛЯ ОПАЛЕННЯ ЖИТЛОВОГО БУДИНКУ (М. ОДЕСА) <i>Квасницький В.А., Зубкова З.С., Хлісва О.Я.</i>	53
ВИКОРИСТАННЯ МЕТАЛОГІДРИДНИХ АКУМУЛЯТОРІВУ СКЛАДІ АВТОНОМНИХ СИСТЕМ ЕНЕРГОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ НА БАЗІ ПАЛИВНИХ КОМІРОК <i>Чорна Н.А.</i>	55
КОАКСІАЛЬНІ ТЕПЛОВІ ТРУБИ, ПРИЗНАЧЕНІ ДЛЯ МЕТРОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ <i>Шаповал А.А., Панов Є.М., Шаповал І.В.</i>	57
СИСТЕМА ТЕПЛОСНАБЖЕННЯ «ТЭЦ-ТЕПЛОВЫЕ НАСОСЫ НА ДИОКСИДЕ УГЛЕРОДА» <i>Шум М.Л.</i>	60

Наукове видання

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

за матеріалами
XVIII Всеукраїнської науково-технічної
онлайн-конференції

«АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ЕНЕРГЕТИКИ ТА ЕКОЛОГІЇ»

29-30 вересня 2020 року

(українською, російською, англійською мовами)

Підписано до друку 6.10.2020
Формат 60×84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.
Друк офсетний. Ум. др. арк. 16,27. Наклад 100 прим.
Зам № 231120/2

Надруковано з готового оригінал-макету у друкарні «Апрель»
ФОП Бондаренко М.О.
65045, м. Одеса, вул. В.Арнаутська, 60
тел.: +38 048 700 11 55
www.aprel.od.ua

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до державного реєстру видавців ДК № 4684 від 13.02.2014 р.